

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Energetický audit pavilonové školy

Energy audit of Pavilion School

Student:

Ondřej Caletka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.

Ostrava 2009

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Caletka**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **3907R004 Provoz a řízení v energetice**
Téma: **Energetický audit pavilonové školy**
Energy Audit of Pavilion School

Zásady pro vypracování:

Proveďte energetický audit pavilonové školy budované v rámci komplexní bytové výstavby. Práce bude obsahovat:

- 1) popis stávajícího energetického hospodářství včetně budov
- 2) zhodnocení stávajícího stavu
- 3) návrh energeticky úsporných opatření
- 4) závěrečné doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:

DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. *Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál*, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.

HIRŠ, J. *Organizační postup energetického auditu*. Časopis Energie, 5, 6/97.

Kol. autorů: *Audit energetického hospodářství budov*. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.

Kol. autorů: *Energetický audit ve zdravotnických zařízeních*. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.

Kol. autorů: *Metodika energetického auditu v průmyslovém podniku*. ČEA, Praha, 1996.

MAROUŠEK, J., ZEMAN, J., TINTĚRA, L. *Příprava projektu a rozhodování*. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 2000.

Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.

ZEMAN, J. *Od dotací k zisku: Jak řešit zásobování teplem v komunální sféře*. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 1995.

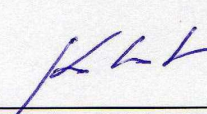
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

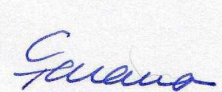
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.**

Datum zadání: **29.09.2008**

Datum odevzdání: **22.05.2009**




prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 22.5.2009

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Plné jméno diplomanta

Adresa trvalého pobytu diplomanta

Ondřej Caletka
Slavkovská 144
747 81 Otice

Anotace bakalářské práce

CALETKA, O. *Energetický audit pavilonové školy*. Ostrava: Katedra Energetiky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 41 s. Bakalářská práce, vedoucí Nezhoda, J.

Tématem této bakalářské práce je energetický audit pavilonové školy, konkrétně objektu Fakulty sociálních studií Ostravské univerzity v Ostravě – Mariánských Horách. V úvodu se zabývám popisem této práce, dále pak základnímu vysvětlení metodiky energetického auditu. Dalším krokem je zhodnocení stávajícího stavu celého areálu, podrobněji budovy „A“, včetně energetického hospodaření této budovy. Dále počítám tepelné ztráty budovy obálkovou metodou dle normy ČSN 06 0210 a je počítána také měrná potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV pro stávající stav budovy. Poté pro navržená úsporná opatření. Dále pak navrhuji alternativní způsob dodávky tepla, následuje ekonomické vyhodnocení jednotlivých úsporných opatření a v závěru se věnuji celkovému vyhodnocení tohoto energetického auditu.

Baccalaureate work synopsis/Annotation

CALETKA, O. *Energy audit of Pavilion School*. Ostrava: Department of Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 41 p. Thesis, head: Nezhoda, J.

The theme of this dissertation is an energy audit of Pavilion School; focusing mainly on the building of Faculty of Social Studies of the University of Ostrava in Ostrava – Mariánské Hory. A description of this paper and a basic explanation of the methodology of the energy audit are to be found at the beginning of this paper. The following parts deal with the evaluation of the current state of the area, with a special focus on building “A”, including its energy economization. These facts are followed by my calculations of heat losses by the envelope method according to the ČSN 06 0210 norm and my calculations of the specific heat requirements for the heating of the building and the heating of the hot supply water, based on the current state of the building and then on the newly suggested economy measures. Furthermore I suggest an alternative way of the heat supply, followed by the economic evaluation of each economy measure; and my dissertation is concluded by the total evaluation of this energy audit.

Obsah

Anotace bakalářské práce	5
Obsah	6
Seznam použitých zkratk a značek	7
1. Úvod.....	10
2. Rešerše [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]	11
2.1. Energetický audit	11
2.2. Předmět energetického auditu.....	12
2.3. Energetický auditor.....	12
2.4. Energetický audit – financování projektu	12
3. Teoretické zázemí – popis stávajícího stavu [1, 9, 11]	13
3.1. Základní údaje o předmětu energetického auditu	13
3.1.1. Historie Fakulty sociálních studií	14
3.2. Charakteristika užívání objektu	14
3.3. Stavební konstrukce objektu	15
3.4. Zásobování teplem.....	22
3.4.1. Vytápění objektu.....	22
3.5. Hospodaření s energiemi	22
4. Praktické řešení problému	23
4.1. Budova „A“ – rozbor budovy pro výpočty [1, 9, 11]	23
4.2. Výpočet tepelných ztrát budovy „A“ [1, 3 ,4].....	26
4.2.1. Celková tepelná ztráta budovy „A“	27
4.2.2. Tepelná ztráta prostupem tepla	27
4.2.3. Tepelná ztráta větráním	28
4.2.4. Výsledky výpočtu tepelných ztrát pro stávající stav budovy	29
4.3. Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV [2].....	29
4.3.1. Celková roční potřeba tepla na vytápění.....	30
4.3.2. Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV	30
4.3.3. Výsledky celkové roční potřeby na vytápění a ohřev TUV.....	30
4.4. Návrh úsporných opatření ke snížení tepelných ztrát [10]	31
4.4.1. Ekonomické vyhodnocení úsporných opatření [15]	32
5. Návrh alternativního způsobu dodávky tepla na vytápění a ohřev TUV.....	34
5.1. Řešení - vytápění (CZT), ohřev TUV (solární kolektory) [14]	34
5.1.1. Návrh solárních kolektorů	34
5.2. Vyhodnocení výpočtu solárních kolektorů [10, 15]	37
5.3. Celkové ekonomické zhodnocení všech úsporných opatření [15].....	38
6. Závěr	40
Použitá literatura	41
Příloha č.1	42
Příloha č.2	49
Příloha č.3	54
Příloha č.4	57
Příloha č.5	62
Příloha č.6	64
Příloha č.7	69

Seznam použitých zkratek a značek

p_1	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[1]
p_2	Přirážka na urychlení zátopy	[1]
p_3	Přirážka na světovou stranu	[1]
\dot{Q}_p	Tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
\dot{Q}_v	Tepelná ztráta větráním	[W]
\dot{Q}_z	Trvalý tepelný zisk	[W]
\dot{Q}_0	Základní tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
<i>CZT</i>	Centrální zásobování teplem	
<i>TUV</i>	Teplá užitková voda	
<i>EA</i>	Energetický audit	
<i>FSS OU</i>	Fakulta sociálních studií Ostravské univerzity	
<i>OU</i>	Ostravská univerzita	
<i>VZT</i>	Vzduchotechnika	
<i>TRV</i>	Termoregulační ventil	
<i>DST</i>	Denostupně	[K · dny]
t_{ej}	Vnější výpočtová teplota	[°C]
t_i	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
\dot{Q}_c	Celková tepelná ztráta	[W]
k_j	Součinitel prostupu tepla	[W · m ⁻² · K ⁻¹]
S_j	Plocha stavební konstrukce	[m ²]
k_c	Průměrný součinitel prostupu tepla	[W · m ⁻² · K ⁻¹]
\dot{V}_v	Objemový tok větracího vzduchu prostoru	[m ³ · s ⁻¹]
n_h	Intenzita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
\dot{V}_{vH}	Průtok vzduchu větráním	[m ³ · s ⁻¹]
\dot{V}_{vP}	Průtok vzduchu infiltrací	[m ³ · s ⁻¹]
V_m	Objem místnosti	[m ³]
i_{LV}	Součinitel spárové provzdušnosti	[m · s ⁻¹ · Pa ^{-0.67}]
L	Délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]

B	Charakteristické číslo budovy	$[Pa^{0.67}]$
M	Charakteristické číslo místnosti	[1]
n_{vyp}	Skutečná intenzita výměny vzduchu	$[h^{-1}]$
Q_r	Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV	$[MWh/rok]$
$Q_{VYT,r}$	Celková roční potřeba tepla na vytápění	$[MWh/rok]$
$Q_{TUV,r}$	Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV	$[MWh/rok]$
ε	Opravný součinitel	[1]
e_i	Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací	[1]
e_t	Součinitel snížení teploty v místnosti	[1]
e_d	Součinitel zkrácení doby na vytápění	[1]
d	Počet dní otopného období	$[den]$
t_{es}	Průměrná teplota během otopného období	$[^{\circ}C]$
t_{em}	Střední denní venkovní teplota na začátek a konec otopného období	$[^{\circ}C]$
η_0	Účinnost obsluhy	$[\%]$
η_r	Účinnost rozvodu topení	$[\%]$
t_1	Teplota studené vody	$[^{\circ}C]$
t_2	Teplota ohřáté vody	$[^{\circ}C]$
t_{svl}	Teplota studené vody v létě	$[^{\circ}C]$
t_{svz}	Teplota studené vody v zimě	$[^{\circ}C]$
N	Počet pracovních dní soustavy v roce	$[den]$
ρ	Hustota vody	$[kg/m^3]$
c	Měrná tepelná kapacita vody	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
V_{2p}	Celková spotřeba teplé vody za 1 den	$[m^3/den]$
Q_{spot_mes}	Měsíční spotřeba tepla	$[kWh]$
Q_{spot_den}	Denní spotřeba tepla	$[J]$
$Q_{S_mes_skut}$	Skutečné měsíční množství slunečního záření	$[kWh \cdot m^{-2}]$
n	Počet dní v měsíci	[1]
m	Hmotnost vody	$[kg]$

$Q_{S_den_skut}$	Skutečné denní množství slunečního záření	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$Q_{S_den_teor}$	Teoretické denní množství slunečního záření	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$\frac{\tau_{skut}}{\tau_{rel}}$	Měrná doba slunečního svitu pro jednotlivý měsíc	[1]
I	Intenzita slunečního záření	$[kW \cdot m^{-2}]$
τ_{teor}	Teoretická doba slunečního svitu pro jednotlivý měsíc	[h]
t_k	Teplota kolektoru	$[^{\circ}C]$
t_v	Střední teplota slunečního svitu pro jednotlivý měsíc	$[^{\circ}C]$
η	Přímá účinnost kolektoru pro jednotlivý měsíc	[%]
A	Parametr	[1]
Q_{mer_mes}	Měrný tepelný zisk kolektoru	$[kW \cdot m^{-2}]$
p	Počet solárních kolektorů	[1]
S	Plocha kolektoru	$[m^2]$
+/-	Energetická bilance – přebytky/nedostatky	$[kWh]$
Q_{zisk}	Teplo získané za jednotlivý měsíc z celkové plochy kolektorů	$[kWh]$
$Q_{zisk_celk_max}$	Maximální celoroční zisk	$[kWh]$
$Q_{zisk_celk_skut}$	Skutečný celoroční zisk	$[kWh]$
DN	Prostá návratnost	[rok]
Tsd	Reálná doba návratnosti	[rok]
NPV	Čistá současná hodnota	[Kč]
IRR	Vnitřní výnosové procento	[%]
r	diskont	[%]
$Q_{zisk_celk_max_mer}$	Maximální měrný celoroční zisk	$[kW \cdot m^{-2}]$
$Q_{zisk_celk_skut_mer}$	Skutečný měrný celoroční zisk	$[kW \cdot m^{-2}]$
I_0	Investiční náklady	[Kč]
CF_t	Cash flow	[Kč]
\check{B}	Železobeton	

1. Úvod

Tématem mé bakalářské práce je „Energetický audit pavilonové školy“. Tento energetický audit je vypracován pro objekt Fakulty sociálních studií Ostravské univerzity v Ostravě, konkrétně pro budovu „A“, která slouží k ubytovacím účelům s kapacitou 220 osob, přičemž průměrně bývá ubytováno 190 až 220 studentů. Jedná se o velice zajímavé téma, které mě zaujalo. Energetickým auditům bych se chtěl do budoucna věnovat a proto jsem si toto téma pro svou bakalářskou práci vybral.

Prvním krokem této bakalářské práce je zhodnocení stávajícího stavu budovy „A“ a celého areálu, tzn. zhodnotit technický stav všech budov, umístění a využití budov, přičemž budově „A“ se věnuji podrobněji, jelikož je konkrétním předmětem energetického auditu. U budovy „A“ se kromě technického stavu, umístění a využití, věnuji také rozboru energetického hospodaření. K tomuto kroku mi poslouží projektová dokumentace budovy „A“ a také vlastní návštěva daného areálu, přičemž zde je mým úkolem také zjišťování informací pro stanovení energetického hospodaření pro danou budovu „A“. Dalším krokem této bakalářské práce je výpočet tepelných ztrát budovy „A“ obálkovou metodou podle normy ČSN 06 0210, přičemž tepelné ztráty jsou počítány pro stávající stav budovy a následně pro navržená úsporná opatření, tzn. zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací a výměnu všech stávajících oken a vstupních dveří za plastové. Vypočtena je také celková roční potřeba tepla na vytápění pro stávající stav a také pro stav po navržení zateplení a výměny oken a dveří za plastové, přičemž dodávka tepla za stávajícího stavu je zprostředkována z CZT. Dále je vypočtena celková roční potřeba tepla na ohřev TUV, přičemž dodávka tepla je rovněž zprostředkována z CZT. Na základě skutečné celkové roční spotřeby tepla na vytápění při stávajícím stavu a vypočtené celkové roční potřeby tepla na vytápění po navržení daných úsporných opatření je provedeno ekonomické zhodnocení včetně vypočtení návratnosti daných úsporných opatření. Předposledním krokem této práce je návrh alternativního způsobu dodávky tepla, přičemž vytápění je zprostředkováno z CZT a ohřev TUV ze solárního systému, včetně ekonomického zhodnocení a výpočtu návratnosti.

Závěrem této práce je celkové ekonomické vyhodnocení všech navržených opatření včetně výpočtu celkové návratnosti všech navržených opatření. Na základě tohoto je poté buď celé opatření doporučeno nebo ne.

2. Rešerše [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]

2.1. Energetický audit

Energetický audit je definován podle relativně nového zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií. Jedná se o soubor činností, které je potřeba realizovat proto, abychom dosáhli energetických úspor. Výsledkem auditu jsou pak informace o tom, jakým způsobem a na jaké úrovni je využívána energie v budovách nebo v energetickém hospodářství, a to jak prověřovaných fyzických, tak i právnických osob a dále audit obsahuje doporučení na úsporná opatření.

Energetický audit je charakterizován následujícími body:

1. Identifikační údaje
2. Popis výchozího stavu
 - a) Základní údaje o předmětu EA
 - b) Základní údaje o energetických vstupech do předmětu EA
 - c) Vlastní energetické zdroje
 - d) Rozvod energie v předmětu EA
 - e) Spotřebiče energie
3. Zhodnocení výchozího stavu
4. Návrh opatření ke snížení spotřeby energie
 - a) Beznákladová (organizační, změna chování personálu, apod.)
 - b) Nízkonákladová (např. v rámci údržby)
 - c) Vysokonákladová (investice)
5. Ekonomické vyhodnocení
6. Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí
7. Závazné výstupy energetického auditu
 - a) Hodnocení stávající úrovně energetického hospodářství
 - b) Celková výše dosažitelných úspor energie
 - c) Návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu včetně ekonomického hodnocení, tj. soubor opatření k dosažení garantované úspory energie.
 - d) Závěrečná doporučení
 - e) Evidenční list energetického auditu

2.2.Předmět energetického auditu

Objektem, který je sledován, může být budova školy, nemocnice, bytový dům, rodinný domek, ale i zemědělský nebo průmyslový podnik. Podle výše zmíněného zákona o hospodaření s energií a vyhlášky č. 213/2001 ze dne 14. 7. 2001 mají povinnost podrobit energetickému auditu své energetické hospodářství a budovu:

- a) fyzické a právnické osoby, které žádají o státní dotaci,
- b) organizační složky státu, krajů, obcí a příspěvkové organizace jejichž celková roční energetická spotřeba je vyšší než 1500GJ,
- c) fyzické a právnické osoby, s celkovou roční spotřebou energie vyšší než 35000GJ pokud u jednotlivých budov nebo areálů samostatně zásobovaných energií je celková roční spotřeba energie vyšší než 700GJ.

2.3.Energetický auditor

Energetický auditor je nestranná a nezávislá fyzická osoba. Je zapsán v seznamu energetických auditorů, který je veden ministerstvem. Energetický auditor je odpovědný za možný vznik škody vlivem špatného doporučení a je povinen být pro tento případ pojištěn. Jeho povinností je také zachovat mlčenlivost o všem, co se v souvislosti s prováděním daného energetického auditu dozvěděl.

2.4.Energetický audit – financování projektu

Tradiční přístup provádění úsporných opatření bez podrobné přípravy projektu většinou vede pouze od projektové dokumentace k vlastní realizaci. Naproti tomu komplexní posouzení projektu nabízí také jiná řešení z hlediska plánování investic v energetice. K podrobnější přípravě projektu nám proto slouží také další základní materiály:

1. Studie proveditelnosti, která nám slouží k analýze a vyhodnocování různých variant řešení a jejím zaměřením je zejména hodnocení ekonomické efektivity, je podkladem pro výběr nejvhodnější varianty.
2. Podnikatelský plán na základě výběru optimální varianty definuje postup, podmínky a prostředky pro dosažení cíle podnikatele, slouží jako nástroj pro získání finančních prostředků.

Tabulka 2.1 nám ukazuje srovnání mezi studií proveditelnosti a energetickým auditem.

Tabulka 2.1 Srovnání Studie proveditelnosti a Energetického auditu

Studie proveditelnosti	Energetický audit
<i>identifikace problému</i>	<i>identifikace problému</i>
<i>analýza trhu</i>	
<i>technická analýza a návrh variant</i>	<i>technická analýza a návrh variant</i>
<i>ekonomická analýza</i>	<i>ekonomická analýza</i>
<i>finanční analýza</i>	
	<i>analýza vlivu na ŽP</i>
<i>analýza rizik a ostatních faktorů</i>	<i>analýza rizik a ostatních faktorů</i>
<i>návrh optimální varianty</i>	<i>návrh optimální varianty</i>

Zkušenosti z tuzemska i ze zahraničí například ukazují, jak významnými rozhodovacími materiály jsou energetický audit a studie proveditelnosti při přípravě kvalitních projektů. Jako účelné se jeví přiblížení energetického auditu co nejvíce formě studie proveditelnosti. Potom lze pokračovat podnikatelským plánem, který je zvláště důležitý při získávání finančních prostředků. U rozsáhlejších energetických systémů (např. areál nemocnice) se provádí energetický audit celého organizačního celku. Na základě jeho výsledků lze poté zpřesňovat jednotlivé dílčí části.

Rovněž je nutné garantovat to, aby bylo dosaženo očekávaných úspor energie, zejména je-li použito veřejných finančních prostředků.

3. Teoretické zázemí – popis stávajícího stavu [1, 9, 11]

3.1. Základní údaje o předmětu energetického auditu

Předmětem energetického auditu je budova Fakulty sociálních studií Ostravské univerzity v Ostravě. Auditovaný objekt se nachází na ulici Fráni Šrámka 3 v městském obvodu Ostrava Mariánské Hory, asi 250m od zastávky Dům energetiky. Na obrázku č. 3.1 je znázorněna mapa lokality, ve které se daný objekt nachází a číslem 1 v červeném rámečku jeho přesné umístění.



Obr. č. 3.1 Umístění objektu Fakulty sociálních studií v Mariánských Horách

3.1.1. Historie Fakulty sociálních studií

Fakulta sociálních studií Ostravské univerzity, která sídlí v auditovaném objektu, byla založena 1.dubna 2008. Konstituování FSS OU je výsledkem dlouholetého procesu, který byl zahájen založením Zdravotně sociální fakulty OU, na níž byl v roce 1995 akreditován pětiletý magisterský studijní program Sociální práce se zdravotnickým profilem. Základem nové Fakulty sociálních studií OU se stala Katedra sociální práce, která byla vyčleněna ze Zdravotně sociální fakulty OU. Cílem fakulty je umožnit zájemcům studium společenskovedních, zejména sociálních věd a zároveň nabídnout příležitost k uplatnění mladým vědcům v této oblasti. FSS OU má dvě katedry.

3.2.Charakteristika užívání objektu

Objekt je využíván hlavně ve dvousměnném provozu Po až Pá. V objektu se nachází zejména kanceláře, učebny. Objekt „A“ slouží jako Domov mládeže, který také využívá část areálu téměř o všech víkendech. Ubytovací kapacita Domova mládeže je

220 osob, v průměru je zde ubytováno 190 až 220 osob. V letním období je objekt využíván minimálně.

3.3.Stavební konstrukce objektu

Auditovaný objekt Ostravské univerzity je řadový objekt, který se nachází na ulici Fráni Šrámka v Ostravě-Mariánských Horách. Objekt má členitý půdorys sestávající ze čtyř na sebe navazujících objektů (Obr. č. 3.6), které jsou označené jako objekt „A“ (Obr. č. 3.2), objekt „B“ (Obr. č. 3.3), objekt „C“ (Obr. č. 3.4) a objekt „D“ (Obr. č. 3.5).



Obr. č. 3.2 Pohled na objekt „A“

V objektech je umístěna Fakulta Sociálních studií, Domov mládeže a Vzdělávací středisko. Areál slouží pro ubytovací a výukové účely.

Nyní si popíšme jednotlivé objekty, tzn. jejich tvar, počet podlaží, umístění v areálu a jejich využití.

Objekt „A“ je pětipodlažní podsklepená budova se sedlovou střechou s velmi mírným spádem obdélníkového půdorysu. Objekt „B“ je jednopodlažní částečně

podsklepená budova se sedlovou střechou s mírným spádem obdélníkového půdorysu včetně jednopodlažní podsklepené části budovy se střechou pultovou a obdélníkového půdorysu, která navazuje na levou stranu objektu „A“.



Obr. č. 3.3 Pohled na objekt „B“

Na pravou stranu objektu „A“ navazuje objekt „C“ jednopodlažní podsklepenou částí budovy se střechou pultovou a obdélníkovým půdorysem, na kterou dále navazuje dvoupodlažní podsklepená budova se sedlovou střechou s mírným spádem obdélníkového půdorysu. Na objekt „C“ navazuje do chodby a dvoupodlažní nepodsklepené tělocvičny (objekt „D“) se sedlovou střechou s mírným spádem. V celém objektu je instalováno ústřední vytápění.

V objektu „A“ jsou v 1. podzemním podlaží umístěny sklady, archiv, schodiště, kanceláře, dílna a hygienická zázemí. V 1. nadzemním podlaží jsou umístěny vstupní prostory, vrátnice, kanceláře, schodiště, chodby, hygienická zázemí a výtah. Ve 2. až 5. nadzemním podlaží jsou umístěny pokoje, kanceláře, schodiště, chodby, hygienická zázemí a výtah.



Obr. č. 3.4 Pohled na objekt „C“

V objektu „B“ jsou v 1. podzemním podlaží umístěny sklady, dílna, zařízení VZT, chodby a schodiště. V 1. nadzemním podlaží jsou umístěny prostory nyní nevyužívané kuchyně včetně zázemí, jídelna, která slouží jako učebna, vstup z vnějšího prostředí, studovna, učebna počítačů a spojovací chodba.

V objektu „C“ jsou v 1. podzemním podlaží umístěny archiv, tělocvična baletu, prostory bufetu včetně zázemí, výměňková stanice, schodiště, chodba a hygienická zázemí. V 1. nadzemním podlaží jsou umístěny učebny, kanceláře, schodiště, chodba, hygienická zázemí a samostatná spojovací chodba do objektu „D“. Ve 2. nadzemním podlaží jsou umístěny učebny, kanceláře, schodiště, chodby a hygienická zázemí.

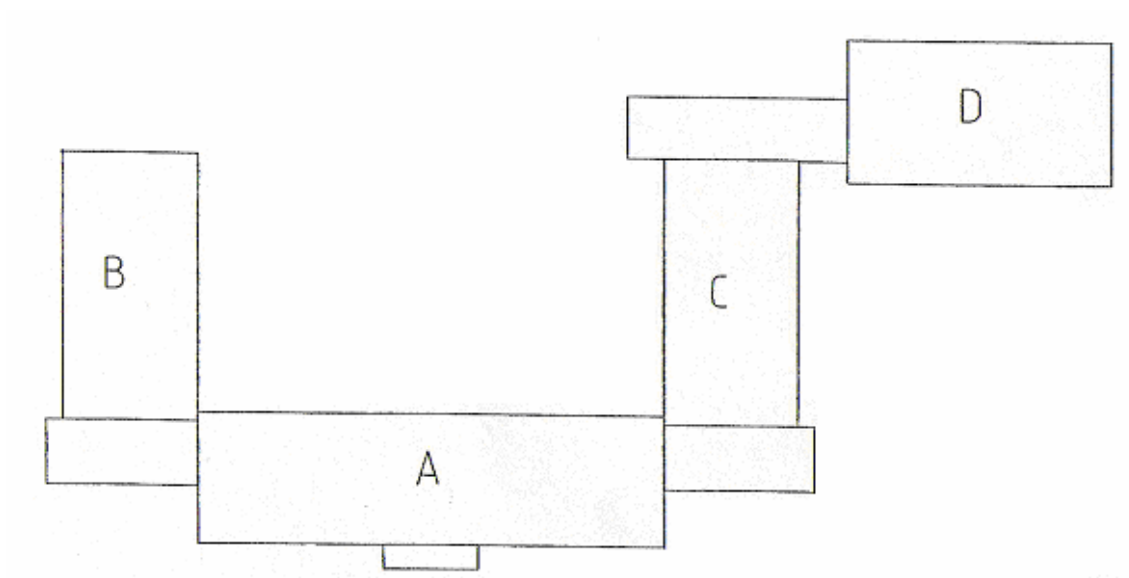
V objektu „D“ jsou v 1. nadzemním podlaží umístěny garáž, kinosál, kanceláře, schodiště, chodba, hygienické zázemí a prostory baru včetně zázemí. Ve 2. nadzemním podlaží je umístěna tělocvična a přístupové schodiště s chodbou. Objekt je vytápěn teplovodně litinovými článkovými tělesy bez termostatických ventilů, sekundární

přívod topné vody je přiveden z výměníkové stanice umístěné v 1. podzemním podlaží objektu „C“.



Obr. č. 3.5 Pohled na objekt „D“

Obvodové konstrukce objektů jsou tvořeny z plných cihel tloušťky 15cm s heraklitem tloušťky 5cm, dále tloušťky 25cm, 30cm a 45cm. Ve zdech tloušťky 45cm jsou pod okny provedeny niky z cihelného zdiva tloušťky 30cm a 15cm. Obvodové stěny garáže jsou ze škvárobetonových tvárnic tloušťky 45cm. Nosná konstrukce objektu „D“ je ze ŽB sloupů obdélníkového průřezu. Sokl a obvodové zdivo vstupní části objektu „A“ je opatřeno obložením z kamenných desek. Obvodové stěny 1. nadzemních podlaží jsou provedeny ze železobetonu tloušťky 45cm a 25cm a z cihel plných tloušťky 25cm (objekt „A“) a 45cm. V zemi jsou stěny opatřeny hydro-izolací IPA. Podlaha na terénu v podzemních podlažích a garáži je betonová bez tepelné izolace, ostatní podlahy jsou betonové s tepelnou izolací z desek z pěnového skla tloušťky 5cm. Střechy nad objektem jsou železobetonové, v případě objektu „B“ a „D“ ze železobetonových desek uložených na ocelových vaznicích, tepelnou izolací z desek z pěnového skla tloušťky 5cm, krytinu tvoří živičné pásy. V objektech „B“ a „D“ jsou



Obr. č. 3.6 Rozmístění objektů v areálu

provedeny podhledy pod vazníky z desek AKULIT, což jsou tvrdé dřevovláknité desky s otvory o průměru 3-5mm ve čtvercové síti. V kuchyni jsou podhledy z omítky na rabicovém pletivu.



Obr. č. 3.7 Ocelohliníkové dveře při vstupu do objektu „A“

V objektu „D“ v kinosálu je proveden FEAL podhled s minerální plstí tloušťky 4cm. Výplně otvorů ve fasádě objektu tvoří typová zdvojená okna v dřevěných rámech (Obr. č. 3.8), skleněné tvárnice a stěny ze skleněných zdvojených profilů (Obr. č. 3.9) různých rozměrů. Vstupní dveře do objektu tvoří dveře ocelohliníkové s jednoduchým zasklením (Obr. č. 3.7), dřevěné dveře plné, jednoduše zasklené a ocelová vrata plná s tepelnou izolací, různých rozměrů.



Obr. č. 3.8 Zdvojené okno v dřevěném rámu v objektu „A“

V prostorách baru v objektu „D“, ve sprchách ve 2. a 3. nadzemním podlaží objektu „A“ a ve vstupu do objektu „B“ jsou umístěny okna a dveře plastové s izolačním dvojsklem a plné o různých rozměrech (Obr. č. 3.10). Rozměry objektu a skladby jednotlivých obvodových konstrukcí jsou uvedeny v příloze. Zastavěná plocha je 3094m².

Pro potřeby energetického auditu byla použita dostupná projektová stavební dokumentace a dále bylo provedeno mapování skutečného stavu na místě.



Obr. č. 3.9 Stěna ze skleněných zdvojených profilů v objektu „A“



Obr. č. 3.10 Okna ve sprchách

3.4. Zásobování teplem

Do objektu je přivedena horká voda s teplotním spádem $130/70^{\circ}\text{C}$ ze systému CZT do výměňkové stanice. Dodavatelem tepla je společnost Dalkia ČR, a.s. Výměňková stanice, která je součástí objektu, je v majetku Ostravské univerzity v Ostravě.

3.4.1. Vytápění objektu

V objektu je realizováno teplovodní vytápění s nuceným oběhem s teplotním spádem $92.5/67.5^{\circ}\text{C}$. Ve výměňkové stanici jsou instalovány tři protiproudé výměníky za sebou pro přípravu topné vody i teplé vody. Topná voda z výměníků je vedena do rozdělovače, ze kterého je vedeno pět větví:

1. větev – kuchyň VZT
2. větev – domov mládeže
3. větev – tělocvična
4. větev – učebny
5. větev – kuchyň

Na těchto topných větvích nejsou nainstalovány směšovací ventily. Vzhledem k tomu, že v domově mládeže jsou osazeny TRV, je na této topné větvi osazen regulátor tlaku. Rozvod je veden k otopným tělesům. Pro vytápění v celém objektu jsou použity litinové radiátory. V objektu „A“ (Domov mládeže) jsou tyto radiátory osazeny termoregulačními ventily, kde byly instalovány cca před 10 lety. Tlak v topném systému je udržován dvěma kompresory Orlík.

3.5. Hospodaření s energiemi

Celková skutečná roční spotřeba energie budovy „A“ je $(5232\text{GJ} / \text{rok})$, což je $(1453.33\text{MWh} / \text{rok})$. Skládá se z energie k vytápění $(2600\text{GJ} / \text{rok})$, ohřevu TUV $(2032\text{GJ} / \text{rok})$ a používání el. spotřebičů a jiných el. zařízení $(600\text{GJ} / \text{rok})$. Při daném počtu osob je průměrná spotřeba energie na osobu přibližně $6.6\text{MWh} / \text{rok}$, což je $23.78\text{GJ} / \text{rok}$. Při přepočtu tepelné energie (za předpokladu 98% účinnosti CZT) a přepočtu elektrické energie (za předpokladu 35% účinnosti elektrárny) na primární energii obsaženou v palivu je celková teoretická potřeba primární energie $6441\text{GJ} / \text{rok}$,

což je 1789MWh/rok a potřeba na osobu 29.27GJ/rok , což je 8.13MWh/rok , tj. průměrně 80.19MJ/den , což je 22.28kWh/den . Při současných cenách a složení energií vstupujících do budovy „A“ představují roční náklady na její provoz $2\,305\,521\text{Kč/rok}$, tj. přibližně $6\,325\text{Kč/den}$, při ceně el. energie 2.47Kč/kWh a 408Kč/GJ tepelné energie. Teplo na vytápění se podílí na celkových nákladech částkou $1\,060\,800\text{Kč/rok}$ (46.18%), teplo na ohřev TUV se podílí částkou $829\,388\text{Kč/rok}$ (35.97%) a náklady na el. energii se podílí částkou $411\,666\text{Kč/rok}$ (17.85%).

4. Praktické řešení problému

4.1. Budova „A“ – rozbor budovy pro výpočty [1, 9, 11]

Budova „A“ slouží jako Domov mládeže, jak již bylo uvedeno výše. Vzhledem k umístění budovy byly pro následující výpočet přijaty výpočtové hodnoty odpovídající městu Ostravě, kde platí počet denostupňů $DST = 3435\text{K} \cdot \text{dny}$, vnější výpočtová teplota $t_e = -15^\circ\text{C}$. Jedná se o šestipodlažní objekt, přičemž 5 podlaží je nadzemních a jedno podlaží je podzemní. Charakteristika budovy byla podrobně popsána výše. Zde se zaměřuji spíše na rozbor z hlediska prvků budovy, které jsou potřebné k následujícím výpočtům. Jedná se tedy o přípravu pro výpočet tepelných ztrát budovy, přičemž vycházím z projektové dokumentace (viz. příloha č.1) a z vlastního průzkumu objektu přímo na místě.

V tabulkách jsou uvedeny všechny informace potřebné k výpočtu tepelných ztrát, které vychází z projektové dokumentace.

Tabulka 4.1 obsahuje údaje o všech plochách dveří a oken včetně typu, materiálu, součinitele prostupu tepla, délky spáry a součinitele spárové provzdušnosti. V tabulce 4.2 jsou obsaženy rozměry všech ploch nadzemní části obalu.

Tabulka 4.3 obsahuje složení nadzemní části obalu budovy včetně charakteristik. V tabulce 4.4 jsou obsaženy rozměry všech ploch podzemní části obalu. Tabulka 4.5 obsahuje složení podzemní části obalu. Tabulka 4.6 obsahuje informace o betonové podlaze a tabulka 4.7 informace o rozměrech a složení střechy budovy.

Tabulka 4.1 Údaje k výpočtu tepelných ztrát – okna, dveře

Typ oken nebo dveří	Rozměr d [mm]	Rozměr v [mm]	Počet oken n [ks]	Celková plocha S [m ²]	Součinitel prostupu tepla k [W/(m ² ·K)]	Celková délka spáry L [m]	Součinitel spárové provzdušnosti i_{LV} [m ³ ·s ⁻¹ /(m ² ·Pa ^{0,67})]
Dřevěná okna	2400	600	15	21.6	2.8	78	1.4
	600	600	5	1.8		8	
	1200	600	60	43.2		168	
	900	600	4	2.16		8.8	
	1500	600	2	1.8		6.8	
	2400	1800	123	531.36		1451.4	
	1200	1200	2	2.88		10	
	1650	1800	2	5.94		13.8	
Plastová okna	1200	600	4	2.88	1.1	11.2	1.2
Skleněná stěna	3200	3050	4	39.04	2.7	-	-
Plechové dveře	2000	800	2	3.2	6.5	11.2	1.9
Ocelohliníkové dveře	3200	2300	1	7.36	4.5	17.8	1.9
Dřevěné dveře	1900	1800	1	3.42	2	-	-
Dřevěné venkovní dveře	2000	800	1	1.6	2.6	5.6	1.9
Dveře prosklené balkónové	1750	2650	6	27.825	2.8	59.1	1.4

Tabulka 4.2 Plochy jednotlivých stěn nadzemního obalu budovy

Nadzemní obal	Rozměr d [mm]	Rozměr v [mm]	Plocha stěny (části) S [m ²]
Stěna 1	16350	54250	886.9875
Stěna 2 - část 1	16350	43100	704.685
část 2	11150	4400	49.06
část 3	2700	4400	11.88
část 4	2700	4400	11.88
část 5	11950	11150	133.2425
Stěna 3	14600	16350	238.71
Stěna 4	14600	16350	238.71

Tabulka 4.3 Složení nadzemního obalu

Nadzemní část obalu	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Tloušťka l [m]	Součinitel přestupu tepla α_1 [W/(m ² ·K)]	Součinitel přestupu tepla α_2 [W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/(m ² ·K)]
Vnitřní omítka	0.9	0.02	23	8	1.43
Cihlové zdivo	0.8	0.25	23	8	
Vnější omítka	0.15	0.03	23	8	

Tabulka 4.4 Plochy jednotlivých stěn v podzemním obalu budovy

Podzemní část obalu	Rozměr d [mm]	Rozměr v [mm]	Plocha stěny (části) S [m ²]
Stěna 1	1700	54250	92.225
Stěna 2	1700	54250	92.225
Stěna 3	14600	1700	24.82
Stěna 4	14600	1700	24.82

Tabulka 4.5 Složení podzemního obalu

Podzemní část obalu	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Tloušťka l [m]	Součinitel přestupu tepla α_1 [W/(m ² ·K)]	Součinitel přestupu tepla α_2 [W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/(m ² ·K)]
Vnitřní omítka	0.9	0.02	6	6	1.45
Cihlové zdivo	0.8	0.25	6	6	
Hydro-izolace	0.2	0.005	6	6	

Tabulka 4.6 Betonová podlaha bez izolace

Podzemní část – podlaha	Plocha S [m ²]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Tloušťka l [m]	Součinitel přestupu tepla α_1 [W/(m ² ·K)]	Součinitel přestupu tepla α_2 [W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/(m ² ·K)]
Podlaha betonová	792.05	1.3	0.2	6	6	2.06

Tabulka 4.7 Střecha

Nadzemní část - střecha	Plocha S [m ²]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	Tloušťka l [m]	Součinitel přestupu tepla α_1 [W/(m ² ·K)]	Součinitel přestupu tepla α_2 [W/(m ² ·K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/(m ² ·K)]
Plech	792.05	0.048	0.002	23	8	1.97
Izolace	792.05	0.21	0.01	23	8	
Železobeton	792.05	1.3	0.25	23	8	
Cementová deska	792.05	1.3	0.05	23	8	
Vnitřní omítka	792.05	0.9	0.02	23	8	

4.2. Výpočet tepelných ztrát budovy „A“ [1, 3, 4]

Norma ČSN 06 0210 stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem stěnami a větráním (infiltrací) za kvazistacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění a pro stanovení tepelné charakteristiky budovy podle normy ČSN 73 0540:1994. Norma neplatí pro výpočet tepelných ztrát prostorů vytápěných sálavými plochami, v těchto případech lze pouze vycházet ze zásad obsažených v této normě. Tato norma se nevztahuje na výpočet potřeby tepla pro úpravu vzduchu při klimatizaci.

Pro stanovení tepelné ztráty budovy je použita obálková metoda, tj. stanovení pouze tepelné ztráty obvodového pláště (tj. obvodových stěn a střechy, popřípadě i podlahy pod nejnižším podlažím).

4.2.1. Celková tepelná ztráta budovy „A“

Celková tepelná ztráta \dot{Q}_c [W] se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním \dot{Q}_v [W] snižená o trvalé tepelné zisky \dot{Q}_z [W]. Vypočítá se podle vztahu:

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z \quad [W] \quad (4.1)$$

4.2.2. Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_p [W] se určí podle vztahu:

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (4.2)$$

Základní tepelná ztráta prostupem tepla \dot{Q}_0 [W] se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi.

$$\dot{Q}_0 = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + \dots + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad [W] \quad (4.3)$$

Součinitel prostupu tepla k_j [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] pro jednotlivé prvky konstrukce se počítá podle vztahu:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1j}} + \sum \frac{l_j}{\lambda_{pj}} + \frac{1}{\alpha_{2j}}} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (4.4)$$

Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí k_c [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$], který je závislý na přírážce na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 se stanoví ze vztahu:

$$k_c = \frac{\dot{Q}_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (4.5)$$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 [1] se pak vypočte ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad [1] \quad (4.6)$$

S přírážkou na urychlení zátopu p_2 [1] se počítá jen v případě, kdy ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přírážkou nepočítá.

O výši přírážky na světovou stranu p_3 [1] rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu.

4.2.3. Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním prostoru \dot{Q}_v [W] se stanoví ze vztahu:

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (4.7)$$

Objemový tok větracího vzduchu prostoru \dot{V}_v [$m^3 \cdot s^{-1}$] musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (např. při řešení odvlhčování nebo odvodu škodlivin). Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h [h^{-1}]. Objemový průtok \dot{V}_v se pak stanoví tak, že se dosadí větší z hodnot \dot{V}_{vH} a \dot{V}_{vP} , přičemž potřebný průtok \dot{V}_{vH} [$m^3 \cdot s^{-1}$] se stanoví ze vztahu:

$$\dot{V}_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (4.8)$$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový průtok větracího vzduchu \dot{V}_{vP} [$m^3 \cdot s^{-1}$] stanoví ze vztahu:

$$\dot{V}_{vP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (4.9)$$

Skutečná intenzita výměny vzduchu n_{vyp} [h^{-1}] se pak stanoví ze vztahu:

$$n_{vyp} = \frac{\dot{V}_v}{V_m} \cdot 3600 \quad [h^{-1}] \quad (4.10)$$

4.2.4. Výsledky výpočtu tepelných ztrát pro stávající stav budovy

Tepelné ztráty budovy „A“ byly také počítány pomocí programu, který se nachází na webových stránkách <http://www.tzb-info.cz>. Postup výpočtu včetně konkrétních výsledků jednotlivých částí výpočtu se nachází v příloze č. 2. Tabulka 4.8 obsahuje výsledky tepelné ztráty prostupem. V tabulce 4.9 jsou obsaženy výsledky tepelné ztráty větráním/infiltrací a tabulka 4.10 se věnuje celkové tepelné ztrátě budovy.

Tabulka 4.8 Tepelná ztráta prostupem

$\sum Q_0$	213801	W
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	1.532	W/(m ² K)
Přirážka p_1	0.23	l
Přirážka p_2	0	l
Přirážka p_3	0.05	l
Q_p	273630	W

Tabulka 4.9 Tepelná ztráta větráním/infiltrací

Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf}	34538	W
Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$	87765	W
Tepelná ztráta větráním Q_v	87765	W
Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$	0.5	l

Tabulka 4.10 Celková tepelná ztráta budovy „A“

Tepelná ztráta budovy Q_c	361394	W
Měrná tepelná ztráta budovy q_c	24.9	W/m ³

Celková tepelná ztráta budovy „A“ je $Q_c = 361.394 \text{ kW}$.

4.3. Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV [2]

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV Q_r [MWh/rok] je dána součtem celkové roční potřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ [MWh/rok] a celkové roční potřeby tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$ [MWh/rok]. Je dána vztahem:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \quad [\text{MWh/rok}] \quad (4.11)$$

4.3.1. Celková roční potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ [MWh/rok] je počítána pomocí programu na webových stránkách <http://www.tzb-info.cz>. Je dána vztahem:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [MWh/rok] \quad (4.12)$$

Opravný součinitel ε [1] je dán vztahem:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [1] \quad (4.13)$$

Vytápěcí denostupně D [K · dny] jsou dány vztahem:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [K \cdot dny] \quad (4.14)$$

Přičemž vycházím z toho že v budově jsou otopná tělesa osazena TRV.

4.3.2. Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV

Celková roční potřeba energie na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$ [MWh/rok] je dána vztahem:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d220} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d220} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d - 62) \quad [MWh/rok] \quad (4.15)$$
$$+ 0,8 \cdot Q_{TUV,d20} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot 62$$

Denní potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,d}$ [kWh] je dána podle vztahu:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [kWh] \quad (4.16)$$

4.3.3. Výsledky celkové roční potřeby na vytápění a ohřev TUV

V tabulce 4.11 jsou výsledky celkové roční potřeby tepla na ohřev TUV, celkové roční potřeby na vytápění pro stávající stav a jejich součet – celková roční potřeba tepla na ohřev TUV a vytápění pro stávající stav. Konkrétní výpočet s dosažením hodnot a výsledky obsahuje příloha č. 3.

Tabulka 4.11 Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV a vytápění pro stávající stav budovy „A“

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$	563.992	MWh/rok
Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VT,r}$	720	MWh/rok
Celkem Q_r	1283.992	MWh/rok

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV je $Q_{TUV,r} = 563.992 \text{ MWh/rok}$, což je 2030 GJ/rok . Celková roční potřeba tepla na vytápění je $Q_{VT,r} = 720 \text{ MWh/rok}$, což je 2592.1 GJ/rok . Součtem obou dvou hodnot je výsledná hodnota $Q_r = 1283.992 \text{ MWh/rok}$, což je 4622.37 GJ/rok .

4.4. Návrh úsporných opatření ke snížení tepelných ztrát [10]

Po vypočtení celkové tepelné ztráty budovy $Q_c = 361.394 \text{ kW}$ jsem se rozhodl navrhnout určitá úsporná opatření ke snížení celkové tepelné ztráty budovy „A“. Navrhl jsem proto výměnu stávajících oken a dveří za plastové a dále pak zateplení budovy polystyrénovými deskami tloušťky 10 cm .

Opět byl proveden výpočet celkové tepelné ztráty budovy „A“, který je obsažen v příloze č. 4 a znovu jsem také provedl výpočet celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV, který je obsažen v příloze č. 5. V následující tabulce 4.12 je porovnána celková tepelná ztráta budovy při stávajícím stavu a celková tepelná ztráta budovy po navržených úsporných opatřeních.

Tabulka 4.12 Porovnání celkové tepelné ztráty před a po navržených úsporných opatřeních

Tepelná ztráta budovy Q_c před navržením úsporných opatření	361394	W
Tepelná ztráta budovy Q_c po navržením úsporných opatření	213486	W

V následující tabulce 4.13 je porovnána celková roční potřeba tepla na vytápění před a po navržených úsporných opatřeních.

Tabulka 4.13 Porovnání celkové potřeby tepla na vytápění před a po navržených úsporných opatření

Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ před navrženými úsporami	720	<i>MWh/rok</i>
Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ po navržených úspor	425.3	<i>MWh/rok</i>

Celková tepelná ztráta budovy „A“ je $Q_c = 361.394kW$. Celková roční potřeba energie na vytápění před navržením úsporných opatření, která závisí na celkové tepelné ztrátě, byla $Q_{VYT,r} = 720MWh/rok$, což je $2592.1GJ/rok$. Zateplením všech 4 stěn budovy a výměnou oken a dveří za plastové se tepelná ztráty budovy snížila na $Q_c = 213.486kW$ a celková roční potřeba energie na vytápění $Q_{VYT,r} = 425.3MWh/rok$, což je $1531.2GJ/rok$. Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV zůstala v obou případech stejná, a sice $Q_{TUV,r} = 563.992MWh/rok$, což je $2030GJ/rok$.

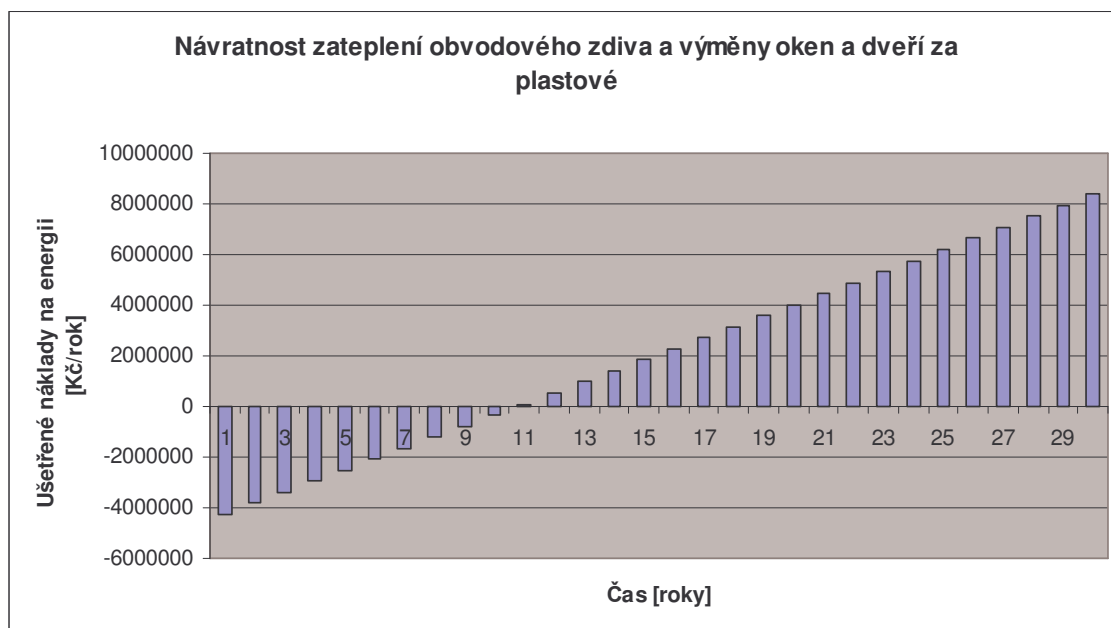
4.4.1. Ekonomické vyhodnocení úsporných opatření [15]

Při stávajícím stavu budovy „A“ byla vypočtena celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r} = 720MWh/rok$, což je $2592.1GJ/rok$. Při auditu hospodaření s energiemi bylo zjištěno, že roční spotřeba tepla na vytápění je $2600GJ/rok$. Celková roční potřeba tepla na vytápění byla vypočtena nižší. Proto budu porovnávat hodnotu celkové roční spotřeby energie na vytápění, zjištěné při auditu hospodaření s energiemi s hodnotou roční potřeby tepla na vytápění po navržených úsporných opatření, která byla vypočtena $Q_{VYT,r} = 425.3MWh/rok$, což je $1531.2GJ/rok$. Co se týče finanční stránky věci, znamená to, že při stávajícím stavu jsou náklady na vytápění budovy „A“ $1\,060\,800Kč/rok$, přičemž cena $1GJ$ tepla je $408Kč$. Po navrženém zateplení všech čtyř obvodových zdí budovy a výměně všech oken a dveří za plastové byly vypočteny náklady na vytápění $624\,980Kč/rok$.

V konečném důsledku to znamená, že by díky navrženým úsporným opatřením (zateplení obvodového zdiva a výměně oken a všech vstupních dveří) bylo ušetřeno $1068.8 \text{ GJ} / \text{rok}$ což činí $435\,820 \text{ Kč/rok}$.

Po mém rozvážení byla jedné nejmenované firmě, zabývající se výrobou plastových oken a dveří a výrobou solárních kolektorů, předána veškerá dokumentace týkající se rozměrů a typů oken a dveří. Firmou byl vypracován bezplatný nezávazný předběžný návrh nových plastových oken a dveří, včetně instalace a seřízení. Investiční náklady za kompletní dodávku a instalaci byly firmou stanoveny na $2\,476\,804 \text{ Kč}$.

Jelikož se zateplením objektu je to jednodušší z důvodu toho, že jsem znal velikost plochy k zateplení, nebyl problém si spočítat investiční náklady, přičemž jsem vycházel z ceníku jiné nejmenované firmy. Pro kompletní instalaci zateplení byla podle ceníku stanovena cena $1\,400 \text{ Kč} / \text{m}^2$. Investiční náklady na zateplení budovy tedy byly vypočteny na $2\,220\,400 \text{ Kč}$.



Obr. č. 4.1 Prostá návratnost navržených úsporných opatření

Celkové investiční náklady na zateplení a výměnu oken a dveří byly vypočteny na $4\,697\,204 \text{ Kč}$. Z toho vyplývá, že při pokrytí investic z vlastních zdrojů, by zateplením obvodového zdiva a výměnou oken a dveří za plastové byla prostá návratnost 11 let. Reálná doba návratnosti by byla 13 let, čistá současná hodnota $5\,905\,030 \text{ Kč}$, vnitřní výnosové procento by bylo 9.2% (Příloha č.7), jelikož by nebylo

potřeba splácet úvěr bance. Předpokládá se životnost zateplení zdiva a životnost plastových oken a dveří na 30 let.

Znamená to, že by po třiceti letech provozu budovy navržená úsporná opatření ušetřila přibližně 9 614 626 Kč. Prostá návratnost navržených úsporných opatření byla stanovena početně i graficky (Obr. č. 4.1). Na základě výsledků doporučuji navržené úsporné opatření.

5. Návrh alternativního způsobu dodávky tepla na vytápění a ohřev TUV

5.1. Řešení - vytápění (CZT), ohřev TUV (solární kolektory) [14]

Řešením je způsob, při kterém by stávající systém vytápění byl zásobován dodávkami tepla z CZT a ohřev TUV by byl zajištěn pomocí solárních kolektorů.

5.1.1. Návrh solárních kolektorů

Měsíční spotřeba tepla Q_{spot_mes} [kWh] je dána součinem denní spotřeby tepla Q_{spot_den} [J] a počtu dní v měsíci n a podělená $3600 \cdot 1000$ se vypočítá podle daného vztahu:

$$Q_{spot_mes} = \frac{n \cdot Q_{spot_den}}{3600 \cdot 1000} \quad [kWh] \quad (5.1)$$

Přičemž denní spotřeba tepla Q_{spot_den} [J] je dána vztahem:

$$Q_{spot_den} = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \quad [J] \quad (5.2)$$

Skutečné měsíční množství slunečního záření $Q_{S_mes_skut}$ [kWh · m⁻²] je dáno vztahem:

$$Q_{S_mes_skut} = n \cdot Q_{S_den_skut} \quad [kWh \cdot m^{-2}] \quad (5.3)$$

Přičemž skutečné denní množství slunečního záření $Q_{S_den_skut}$ [kWh · m⁻²] je dáno podle vztahu:

$$Q_{S_den_skut} = \frac{\tau_{skut}}{\tau_{rel}} \cdot Q_{S_den_teor} \quad [kWh \cdot m^{-2}] \quad (5.4)$$

Přímá účinnost solárního kolektoru η [%] pro jednotlivé měsíce je dána rovnicí:

$$\eta = (\eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot I \cdot A^2) \cdot 100 \quad [\%] \quad (5.5)$$

Přičemž koeficienty prostupu tepla a_1 a a_2 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] udává výrobce kolektorů na základě zkušeních měření, intenzita slunečního svitu I [$kW \cdot m^{-2}$] se počítá podle rovnice:

$$I = \frac{Q_{S_den_teor}}{\tau_{teor}} \quad [kW \cdot m^{-2}] \quad (5.6)$$

Výpočet parametru A [1] je dán podle rovnice:

$$A = \frac{(t_k - t_v)}{I} \quad [1] \quad (5.7)$$

Přičemž střední teplota slunečního svitu pro jednotlivé měsíce t_v [$^{\circ}C$] je udávána podle norem a teplota kolektoru t_k [$^{\circ}C$] je dána vztahem:

$$t_k = \frac{(t_1 + t_2)}{2} \quad [^{\circ}C] \quad (5.8)$$

Měrný tepelný zisk solárního kolektoru Q_{mer_mes} [$kWh \cdot m^{-2}$] se počítá podle vztahu:

$$Q_{mer_mes} = Q_{S_mes_skut} \cdot \eta \quad [kWh \cdot m^{-2}] \quad (5.9)$$

Dále je potřeba zvolit měsíc s rovnovážnou bilancí. Poté je potřeba vypočítat potřebný počet solárních kolektorů p [ks] se počítá podle vztahu:

$$p = \frac{Q_{spot_mes}}{Q_{mer_mes} \cdot S} \quad [ks] \quad (5.10)$$

Energetická bilance pro jednotlivé měsíce *přebytky/nedostatky* +/- [kWh] je dána vztahem:

$$+/- = Q_{zisk} - Q_{spot_mes} \quad [kWh] \quad (5.11)$$

Přičemž teplo získané z celkové plochy kolektorů za jednotlivý měsíc Q_{zisk} [kWh] se počítá podle vztahu:

$$Q_{zisk} = Q_{S_mes_skut} \cdot p \cdot S \cdot \eta \quad [kWh] \quad (5.12)$$

Maximální celoroční zisk $Q_{zisk_celk_max}$ [kWh], uvažovaný včetně přebytků se počítá podle vztahu:

$$Q_{zisk_celk_max} = \sum_i Q_{izisk} \quad [kWh] \quad (5.13)$$

Skutečný celoroční zisk $Q_{zisk_celk_skut}$ [kWh], uvažovaný bez přebytků je dán vztahem:

$$Q_{zisk_celk_skut} = \sum_i Q_{izisk} \quad [kWh] \quad (5.14)$$

Maximální měrný celoroční zisk na $1m^2$ solárního systému $Q_{zisk_celk_max_mer}$ [kWh.m⁻²] je dán vztahem:

$$Q_{zisk_celk_max_mer} = \frac{Q_{zisk_celk_max}}{S \cdot p} \quad [kWh.m^{-2}] \quad (5.15)$$

Skutečný měrný celoroční zisk na $1m^2$ solárního systému $Q_{zisk_celk_skut_mer}$ [kWh.m⁻²] je dán vztahem:

$$Q_{zisk_celk_skut_mer} = \frac{Q_{zisk_celk_skut}}{S \cdot p} \quad [kWh.m^{-2}] \quad (5.16)$$

5.2. Vyhodnocení výpočtu solárních kolektorů [10, 15]

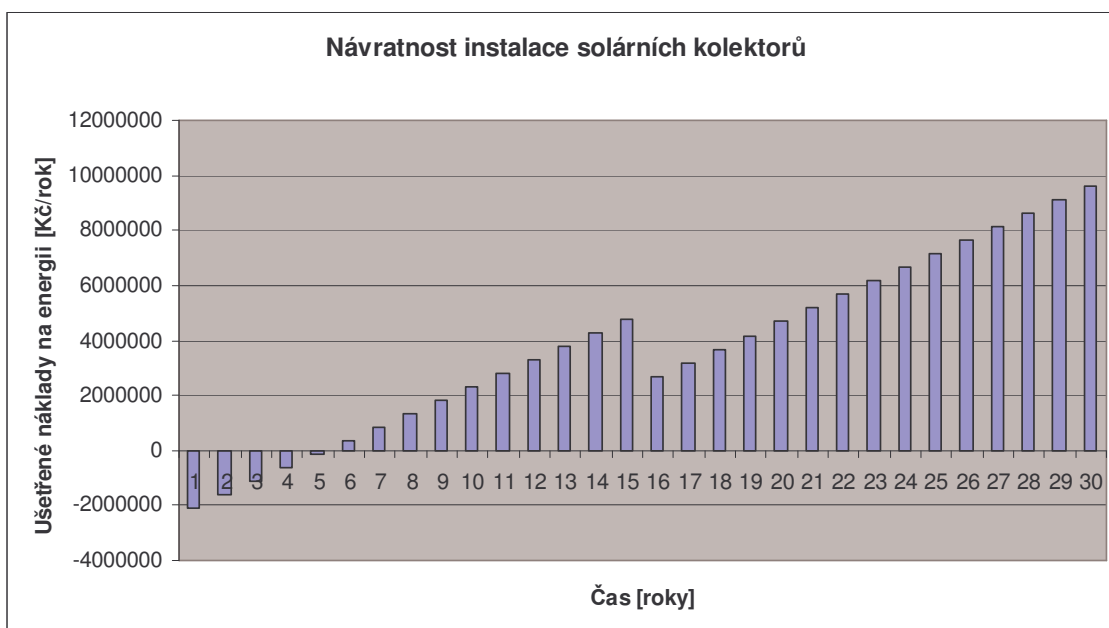
V příloze č. 6 je obsažen kompletní návrh solárních kolektorů včetně všech potřebných výpočtů s konkrétními hodnotami, včetně popisu. Při návrhu solárních kolektorů jsem vycházel z toho, že maximální počet ubytovaných osob během akademického roku je 220. Ikdýž průměrně bývá ubytováno cca 190 až 220 osob, solární systém musí být dimenzován na max. počet osob. V letním období, tedy v červenci a srpnu je zde ubytováno přibližně 20 osob, a sice zahraničních studentů.

Při stávajícím stavu budovy, tzn. při plném pokrytí ohřevu TUV z CZT je roční spotřeba tepla na ohřev TUV $2032\text{GJ} / \text{rok}$. Měrná roční potřeba tepla na ohřev TUV při stávajícím stavu byla vypočtena $Q_{TUV,r} = 563.992\text{MWh} / \text{rok}$, což je $2030\text{GJ} / \text{rok}$. Celková roční spotřeba tepla na ohřev TUV po navržení solárních kolektorů byla vypočtena $Q_{TUV,r-kol} = 176,862\text{MWh} / \text{rok}$ což je $636.7\text{GJ} / \text{rok}$. Znamená to tedy, že při stávajícím stavu jsou roční náklady na ohřev TUV z CZT $829\,388\text{Kč} / \text{rok}$. Po instalaci solárního systému by roční náklady na ohřev TUV byly $337\,717\text{Kč} / \text{rok}$, přičemž s těmito náklady by se počítalo z důvodu toho, že by solární systém pokryl ($305.607\text{GJ} / \text{rok}$) a nedostatky ($331.1\text{GJ} / \text{rok}$) by bylo potřeba pokrýt jinak, jelikož solární systém by nebyl schopen plně pokrýt dodávku tepla v období s malou intenzitou slunečního svitu. Bylo by to řešeno dodávkou tepla z CZT, Tím pádem by ale bylo potřeba dodávat z CZT přibližně ($827\text{GJ} / \text{rok}$), což činí oněch $337\,717\text{Kč} / \text{rok}$, jelikož bych musel počítat s koeficientem ztrát systému.

Solární systém by tedy ročně ušetřil $1205\text{GJ} / \text{rok}$ což činí $491\,671\text{Kč} / \text{rok}$, přičemž cena za 1GJ tepla je 408Kč . Nejmenovanou firmou byly stanoveny celkové investiční náklady na instalaci solárního systému na $2\,579\,400\text{Kč}$.

Při pokrytí této investice vlastními prostředky by prostá návratnost tohoto opatření (viz. Příloha č. 7) byla 6 let (Obr. č. 5.1), přičemž životnost solárního systému je přibližně 15 let. Reálná doba návratnosti by byla 7 let, čistá současná hodnota $3\,187\,610\text{Kč}$. Vnitřní výnosové procento by bylo 17.4%.

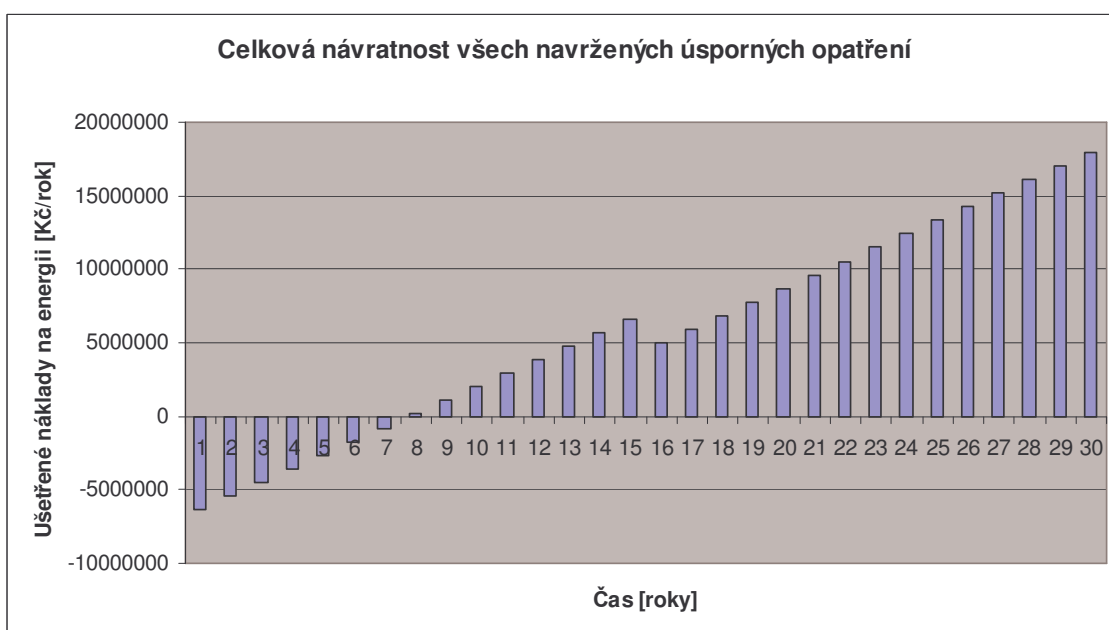
Uvažuji-li 30ti letý provoz budovy, byla by potřeba po 15 letech reinstalace systému. Znamenalo by to, že po uvažovaných 30ti letech provozu by toto opatření ušetřilo přibližně $9\,591\,330\text{Kč}$. Na základě výsledků doporučuji toto úsporné opatření.



Obr. č. 5.1 Prostá návratnost instalace solárních kolektorů

5.3. Celkové ekonomické zhodnocení všech úsporných opatření [15]

Při stávajícím stavu budovy „A“ jsou celkové roční náklady na vytápění a ohřev TUV 1 890 188 Kč při celkové spotřebě tepla z CZT (4632 GJ / rok). Po navržení zateplení obvodového zdiva polystyrenovou izolací a výměny všech oken a všech vstupních dveří, a instalace solárního systému byly vypočteny celkové roční náklady na vytápění a ohřev vody (2358.2 GJ / rok) což činí 962 697 Kč.



Obr. č. 5.2 Celková prostá návratnost všech navržených úsporných opatření

Znamená to, že ročně by bylo díky těmto všem úsporným opatřením ušetřeno $(2273.8 \text{ GJ} / \text{rok})$ což činí 927 491 Kč.

Při pokrytí investičních nákladů, které činí 7 276 604 Kč, z vlastních zdrojů a uvažují-li provoz budovy 30 let, by celková prostá návratnost všech navržených úsporných opatření (Příloha č. 7) byla 8 let (Obr. č. 5.2). Reálná doba návratnosti by byla 9 let, čistá současná hodnota 9 792 150 Kč. Vnitřní výnosové procento by bylo 12.96%.

Na základě výsledků doporučuji provést jak zateplení obvodového zdiva a výměnu všech oken a vstupních dveří za plastové, tak i instalaci solárního systému.

6. Závěr

Energetický audit byl proveden pro objekt Fakulty sociálních studií Ostravské univerzity v Ostravě, konkrétně pro budovu „A“, která slouží jako ubytovací zařízení studentů „Domov mládeže“.

Na základě získaných informací o hospodaření s energiemi dané budovy při stávajícím stavu a na základě výpočtu tepelné ztráty budovy obálkovou metodou pro stávající stav budovy, který vykazoval značné tepelné ztráty, jsem se rozhodl navrhnout úsporné opatření k jejich snížení, a sice navrhl jsem zateplení všech čtyř obvodových stěn polystyrénovou izolací tloušťky sto milimetrů a výměnu všech oken a všech vstupních dveří za plastové. Tepelná ztráta budovy byla následně vypočtena téměř poloviční, což má za následek vypočtenou nižší potřebu tepla na vytápění, přičemž u potřeby tepla byl samozřejmě brán ohled na to, že v budově byla otopná tělesa již osazena TRV.

Dále jsem se na základě informací o hospodaření s energiemi rozhodl navrhnout solární systém na ohřev TUV, přičemž jsem bral ohled na to, že v měsících červenci a srpnu bývá v budově ubytováno pouze přibližně 20 studentů. Výpočty bylo zjištěno, že solární systém by ročně ušetřil přibližně 60 procent energie.

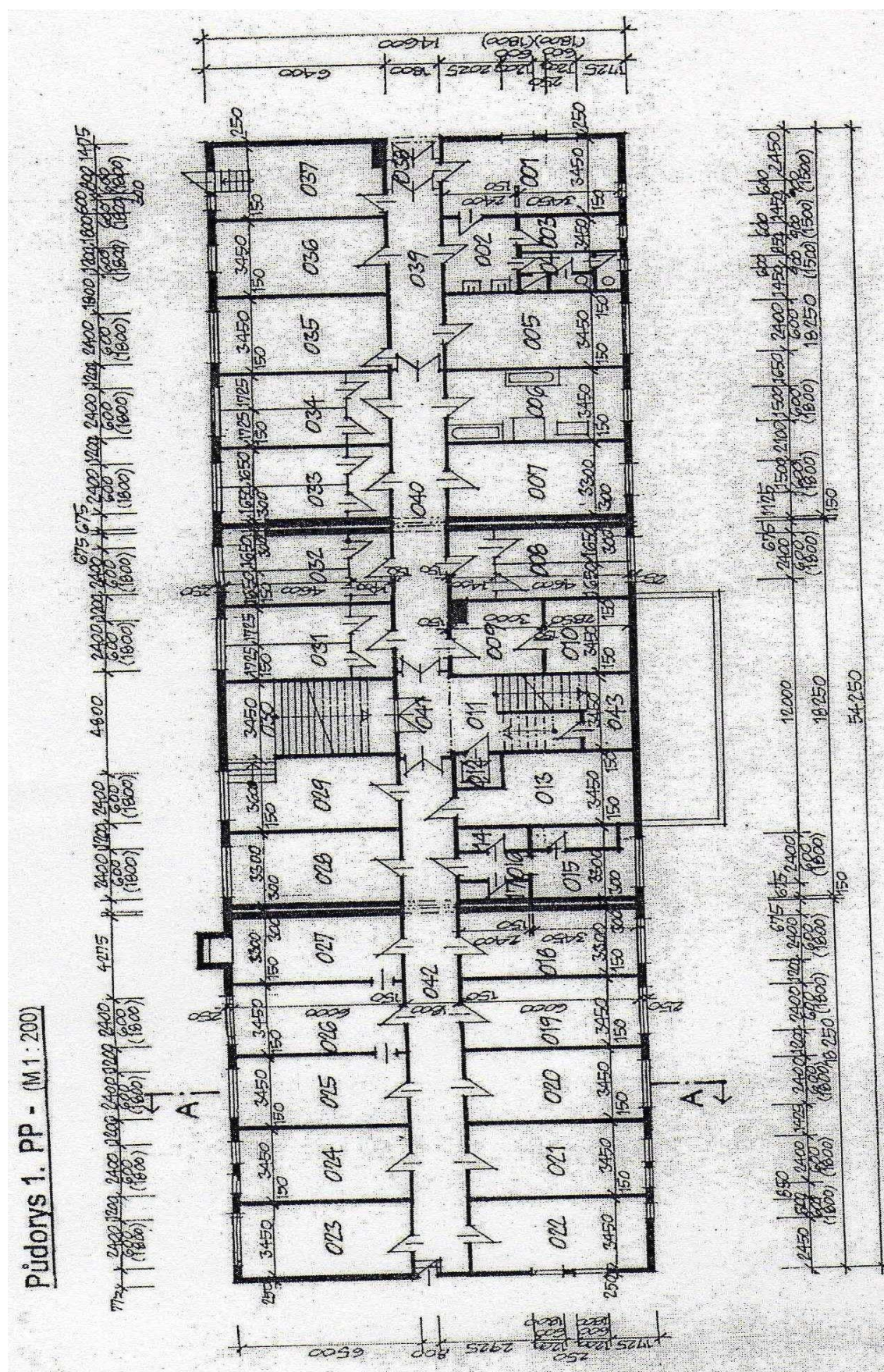
V celkovém důsledku to znamená snížení provozních nákladů na vytápění budovy téměř na polovinu a provozních nákladů na ohřev TUV více než o polovinu, což je při dnešních cenách za energii, které vstupují do budovy, přijatelné.

Na základě dosažených výsledků jsem se rozhodl doporučit výše navržená úsporná opatření, tzn. jak zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací a výměnu všech oken a vstupních dveří do budovy za plastové, tak i instalaci solárních kolektorů.

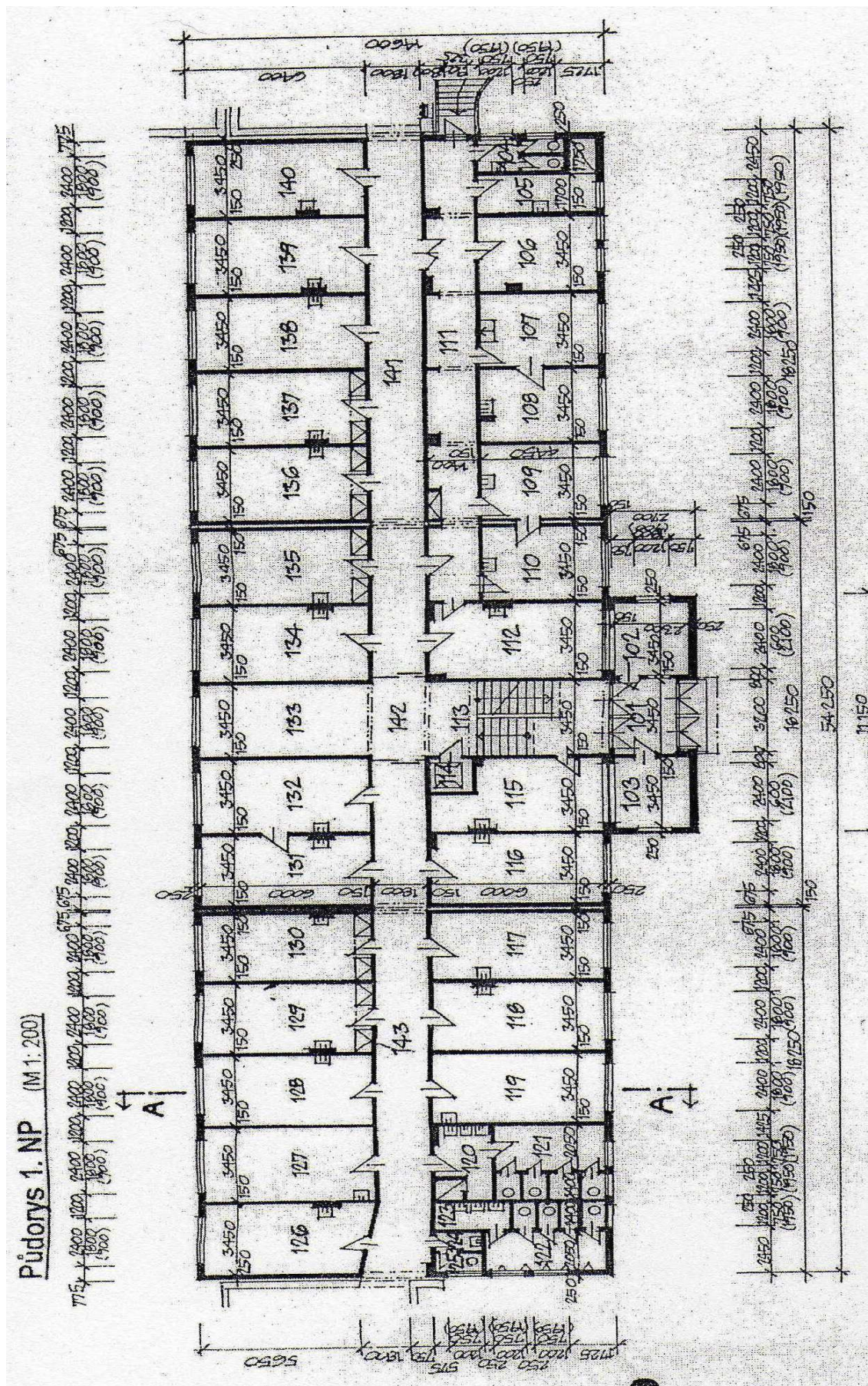
Použitá literatura

- [1] Výkresová dokumentace Fakulty sociálních studií Ostravské univerzity. Ostrava. c2008, 30 s.
- [2] Ing. REINBERK, Zdeněk. *Výpočtový program: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. [cit. 2009-05-05]. URL: <<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=47&h=38>>
- [3] Ing. REINBERK, Zdeněk. *Výpočtový program: Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210* [online]. [cit. 2009-05-05]. URL: <<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=107&h=38>>
- [4] ČSN 06 0210. Praha: Český normalizační institut, c1994. 23 s.
- [5] Kol. autorů: Audit energetického hospodářství budov. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.
- [7] Hirš, J.: Organizační postup energetického auditu. Časopis Energie, 5, 6/97.
- [8] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [9] Kol. autorů: Metodika energetického auditu v průmyslovém podniku. ČEA, Praha, 1996
- [10] Didušková, M., Votápek, M.: Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.
- [11] Kol. autorů: Energetický audit ve zdravotnických zařízeních. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [12] Maroušek, J., Zeman, J., Tintěra, L.: Příprava projektů a rozhodování. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 2000.
- [13] Zeman, J.: Od dotací k zisku: Jak řešit zásobování teplem v komunální sféře. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 1995.
- [14] *Výpočtový program solárních kolektorů*: Alternativní a obnovitelné zdroje
- [15] Materiály z předmětu Ekonomika v energetice

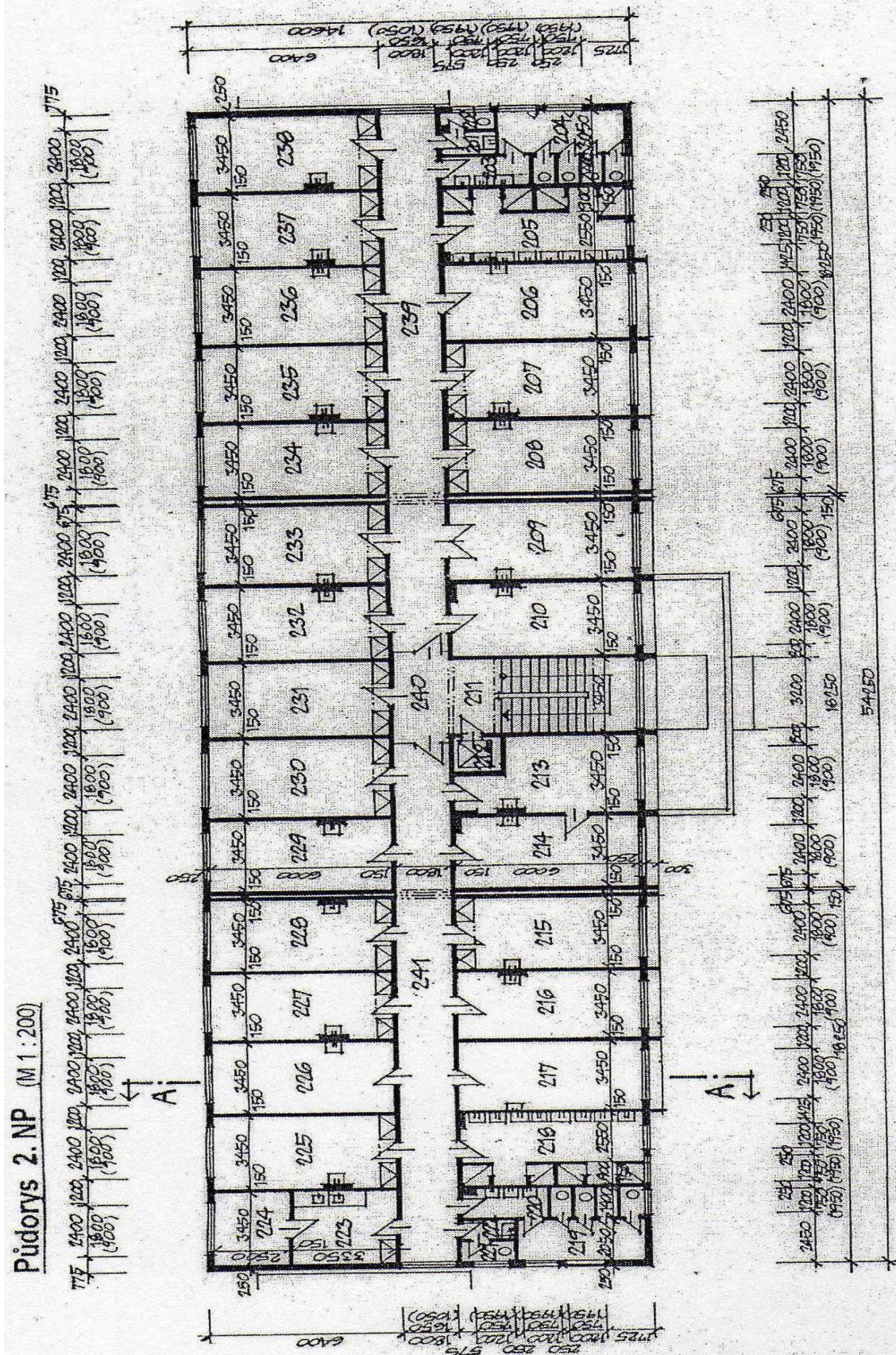
Příloha č.1



Obr. č 1.1 Stavební plán – Půdorys 1. podzemního podlaží

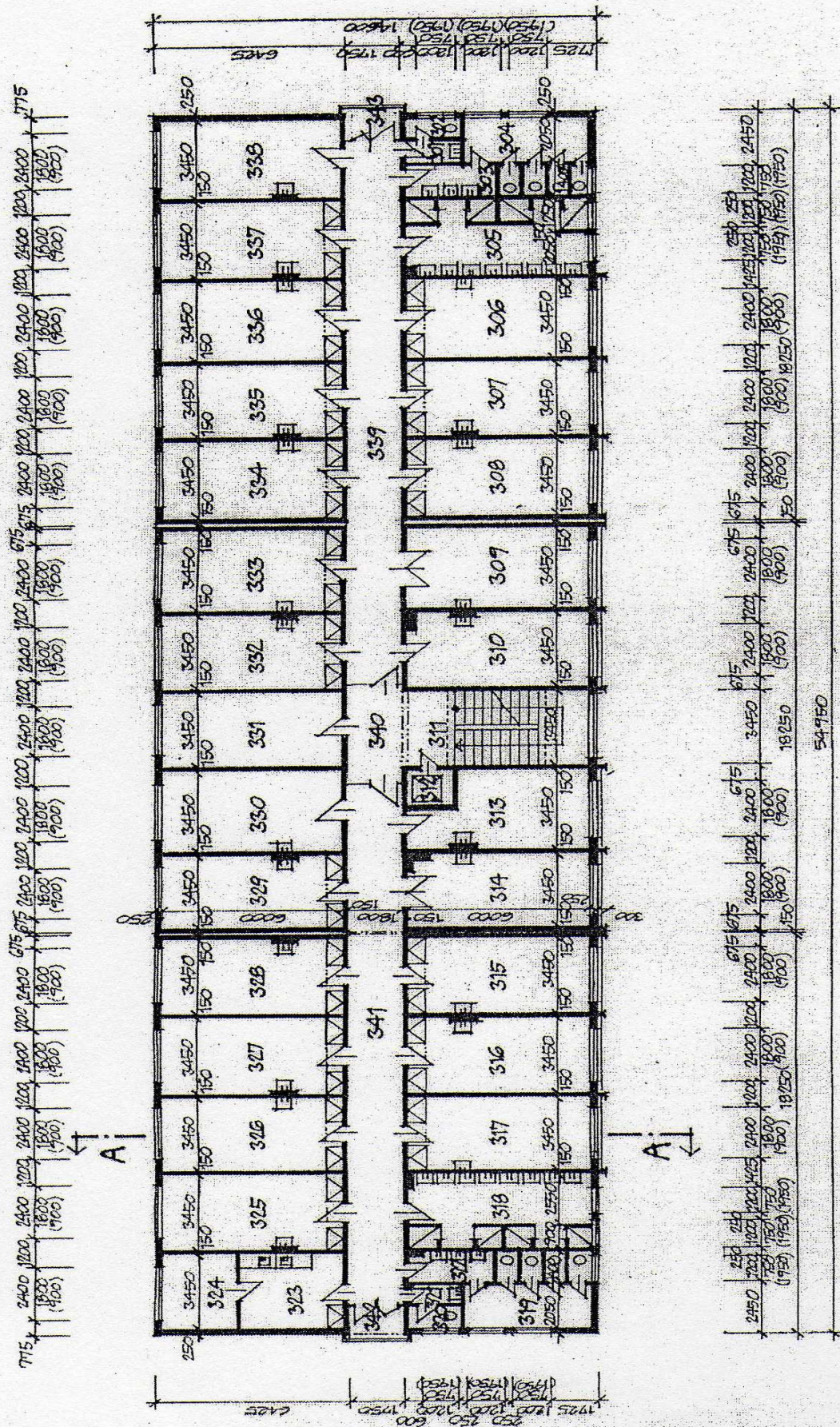


Obr. č 1.2 Stavební plán – Půdorys 1. nadzemního podlaží

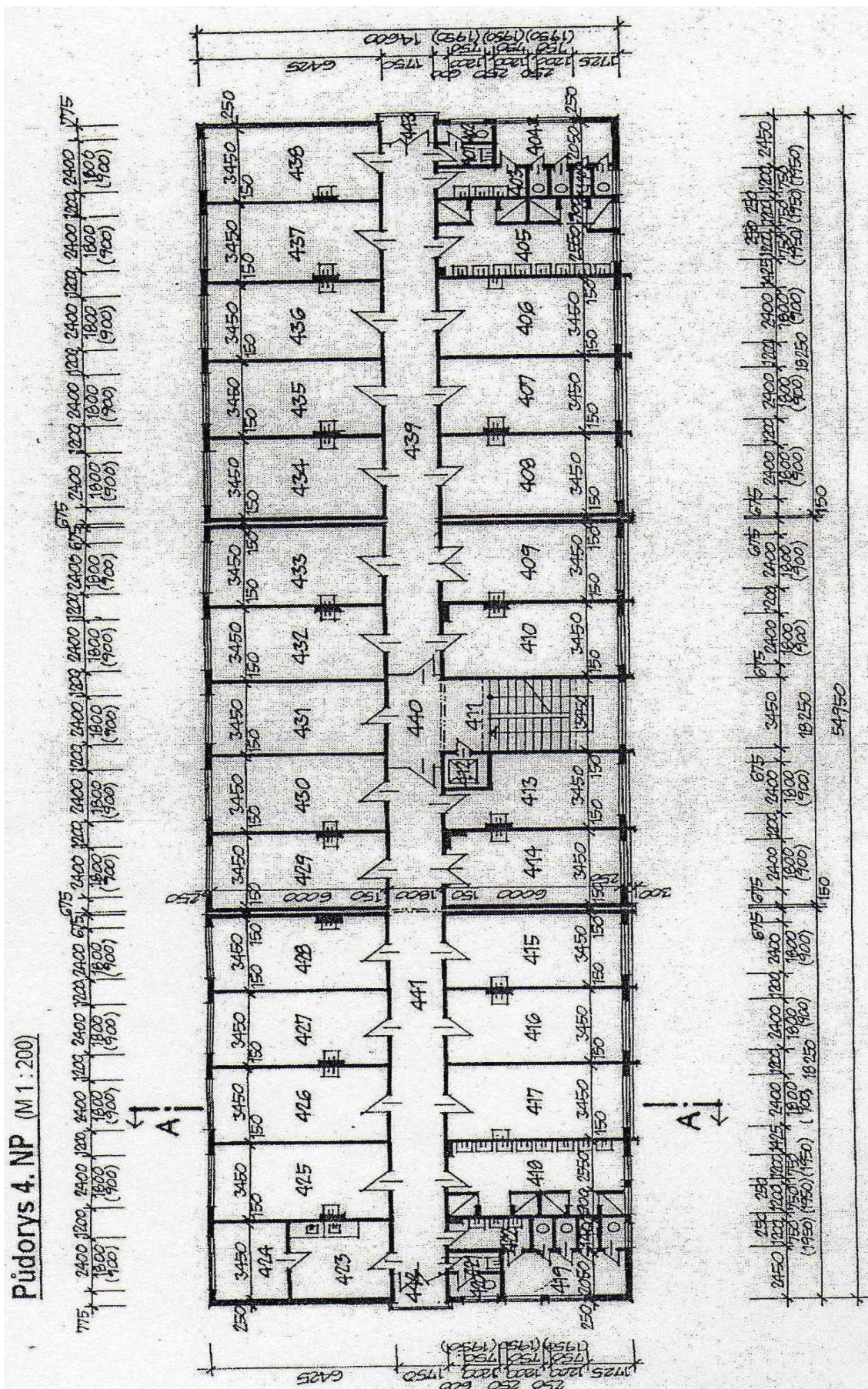


Obr. č 1.3 Stavební plán – Půdorys 2. nadzemního podlaží

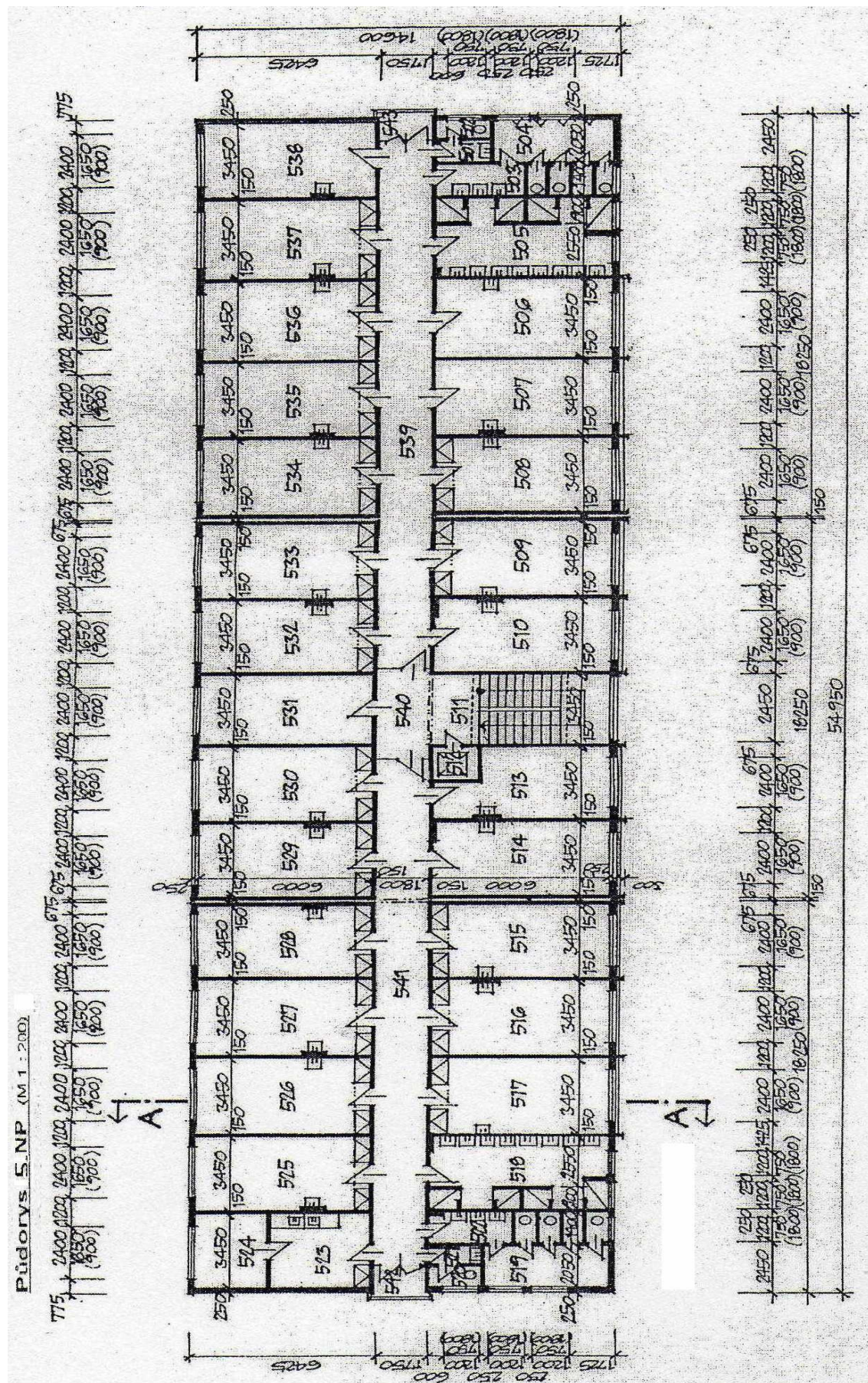
Půdorys 3. NP (M 1:200)



Obr. č 1.4 Stavební plán – Půdorys 3. nadzemního podlaží



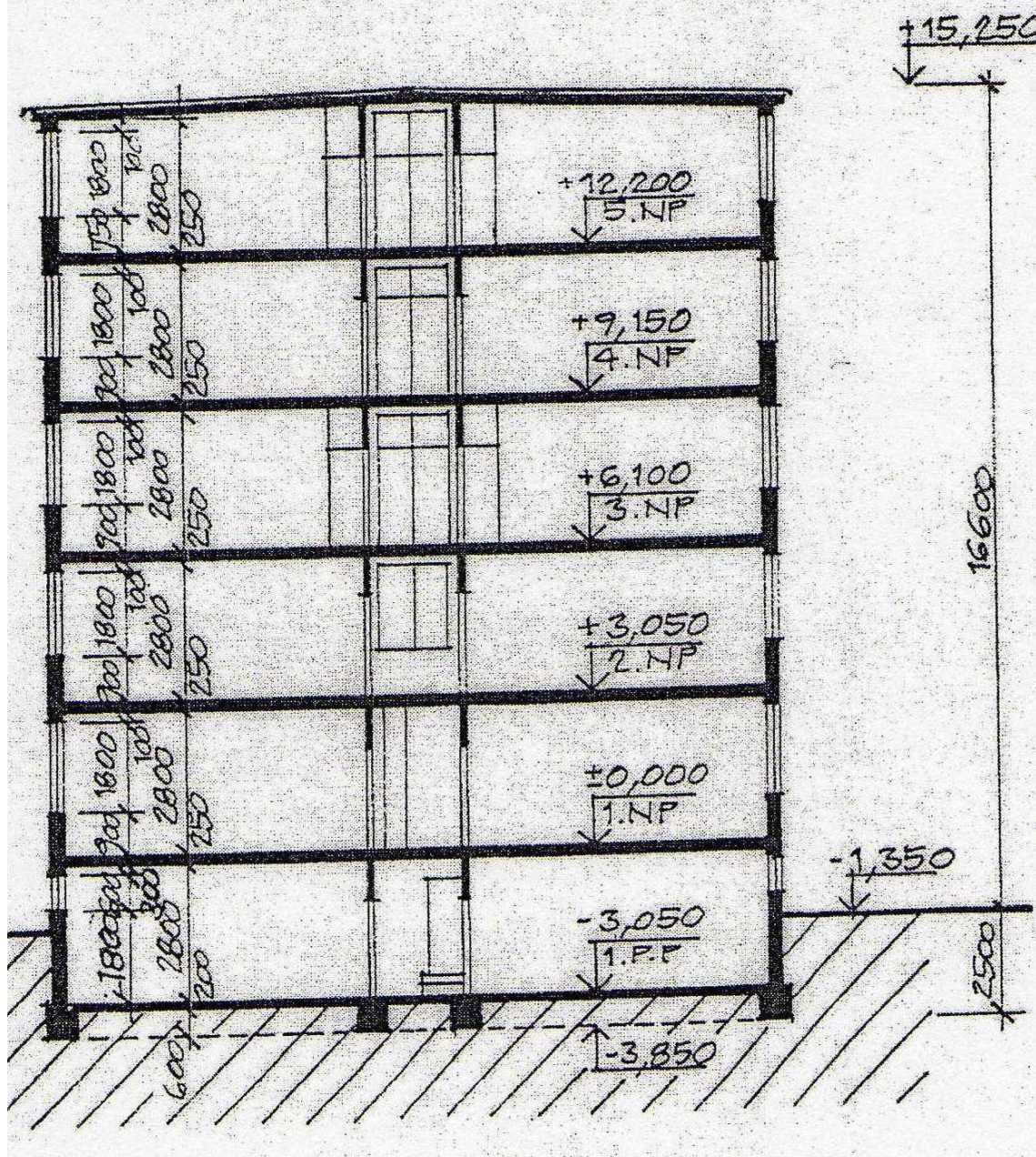
Obr. č 1.5 Stavební plán – Půdorys 4. nadzemního podlaží



Obr. č 1.6 Stavební plán – Půdorys 5. nadzemního podlaží

Svislý řez (M 1 : 200)

ŘEZ A - A

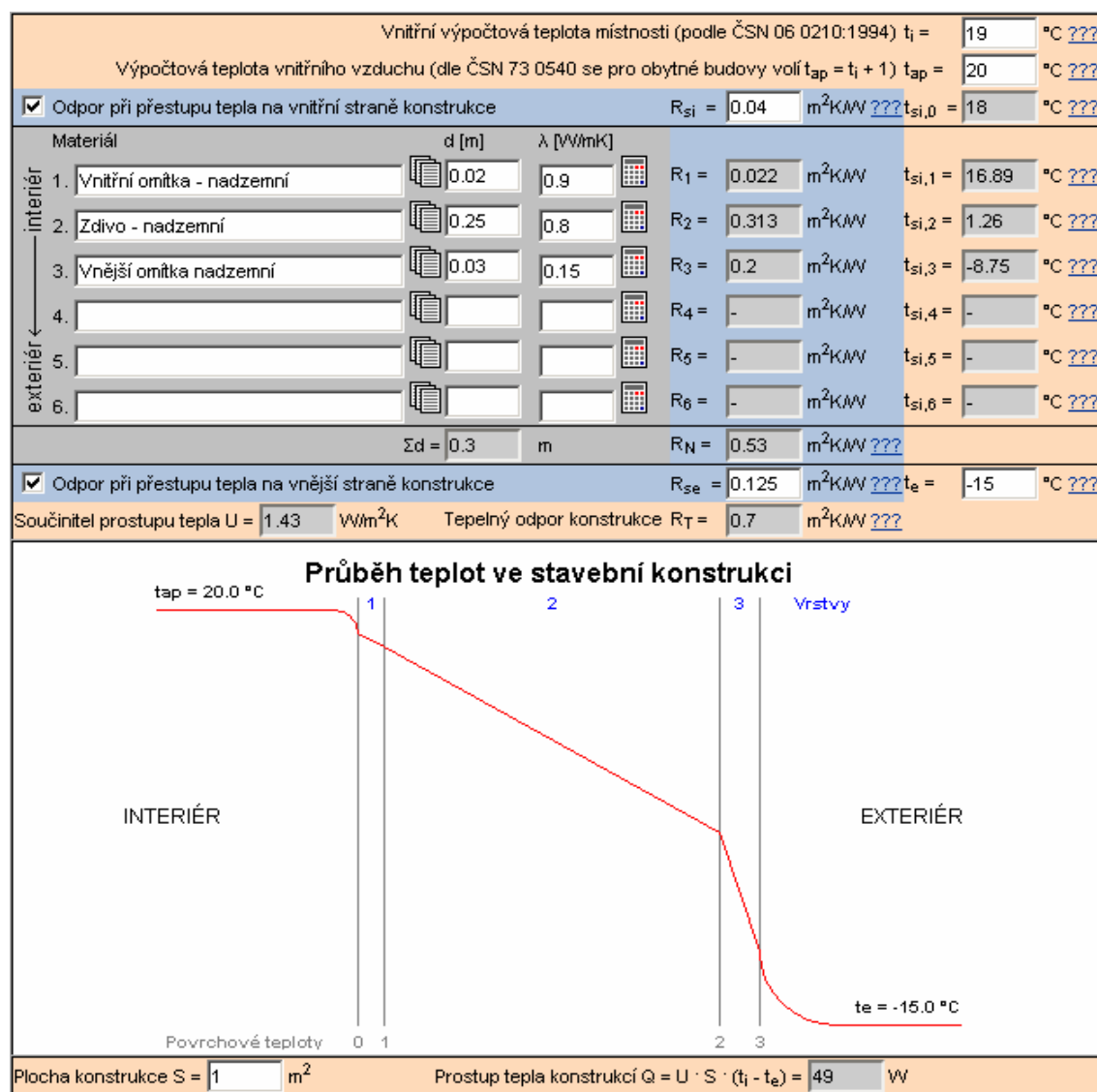


Obr. č 1.7 Stavební plán – Bokorys budovy „A“

Příloha č.2

Tato příloha je věnována výpočtu tepelných ztrát budovy „A“ (kapitola 4.2.), a sice pro stávající stav. Kompletní výpočet tepelných ztrát budovy „A“ včetně výpočtu součinitelů prostupu tepla obvodového pláště, podlahy a střechy byl realizován programem na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, který byl k danému účelu vytvořen podle normy ČSN 06 0210.

Prvním krokem bylo stanovení součinitelů prostupu tepla k_j nebo U (značení ve výpočtovém programu) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] jednotlivých prvků obálky budovy podle rovnice (4.4). Na obrázku č. 2.1 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla nadzemní části zdiva s výsledkem $1.43 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.



Obr. č. 2.1 – Prostup tepla nadzemní části zdiva

Na obrázku č. 2.2 je vyobrazen výpočet součinitele prostupu tepla podzemní části zdiva s výsledkem $1.45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i =$ <input type="text" value="19"/> °C ???									
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$) $t_{ap} =$ <input type="text" value="20"/> °C ???									
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce		$R_{si} =$ <input type="text" value="0.166"/>		$\text{m}^2\text{K/W} \text{ ???}$		$t_{si,0} =$ <input type="text" value="17.6"/>		$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
interiér ↓ exteriér	Materiál	d [m]	λ [W/mK]						
	1. Vnitřní omítka - podzemní	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.9"/>		$R_1 =$ <input type="text" value="0.022"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,1} =$ <input type="text" value="17.28"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
	2. Zdivo - podzemní	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.8"/>		$R_2 =$ <input type="text" value="0.313"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,2} =$ <input type="text" value="12.76"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
	3. Hydro-izolace	<input type="text" value="0.005"/>	<input type="text" value="0.2"/>		$R_3 =$ <input type="text" value="0.025"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,3} =$ <input type="text" value="12.4"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
	4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>		$R_4 =$ <input type="text" value="-"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,4} =$ <input type="text" value="-"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
	5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>		$R_5 =$ <input type="text" value="-"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,5} =$ <input type="text" value="-"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$R_6 =$ <input type="text" value="-"/>	$\text{m}^2\text{K/W}$	$t_{si,6} =$ <input type="text" value="-"/>	$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$		
$\Sigma d =$ <input type="text" value="0.275"/>		m		$R_N =$ <input type="text" value="0.36"/>		$\text{m}^2\text{K/W} \text{ ???}$			
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce		$R_{se} =$ <input type="text" value="0.166"/>		$\text{m}^2\text{K/W} \text{ ???}$		$t_e =$ <input type="text" value="10"/>		$^{\circ}\text{C} \text{ ???}$	
Součinitel prostupu tepla $U =$ <input type="text" value="1.45"/>				$\text{W/m}^2\text{K}$		Tepelný odpor konstrukce $R_T =$ <input type="text" value="0.69"/>		$\text{m}^2\text{K/W} \text{ ???}$	

Průběh teplot ve stavební konstrukci

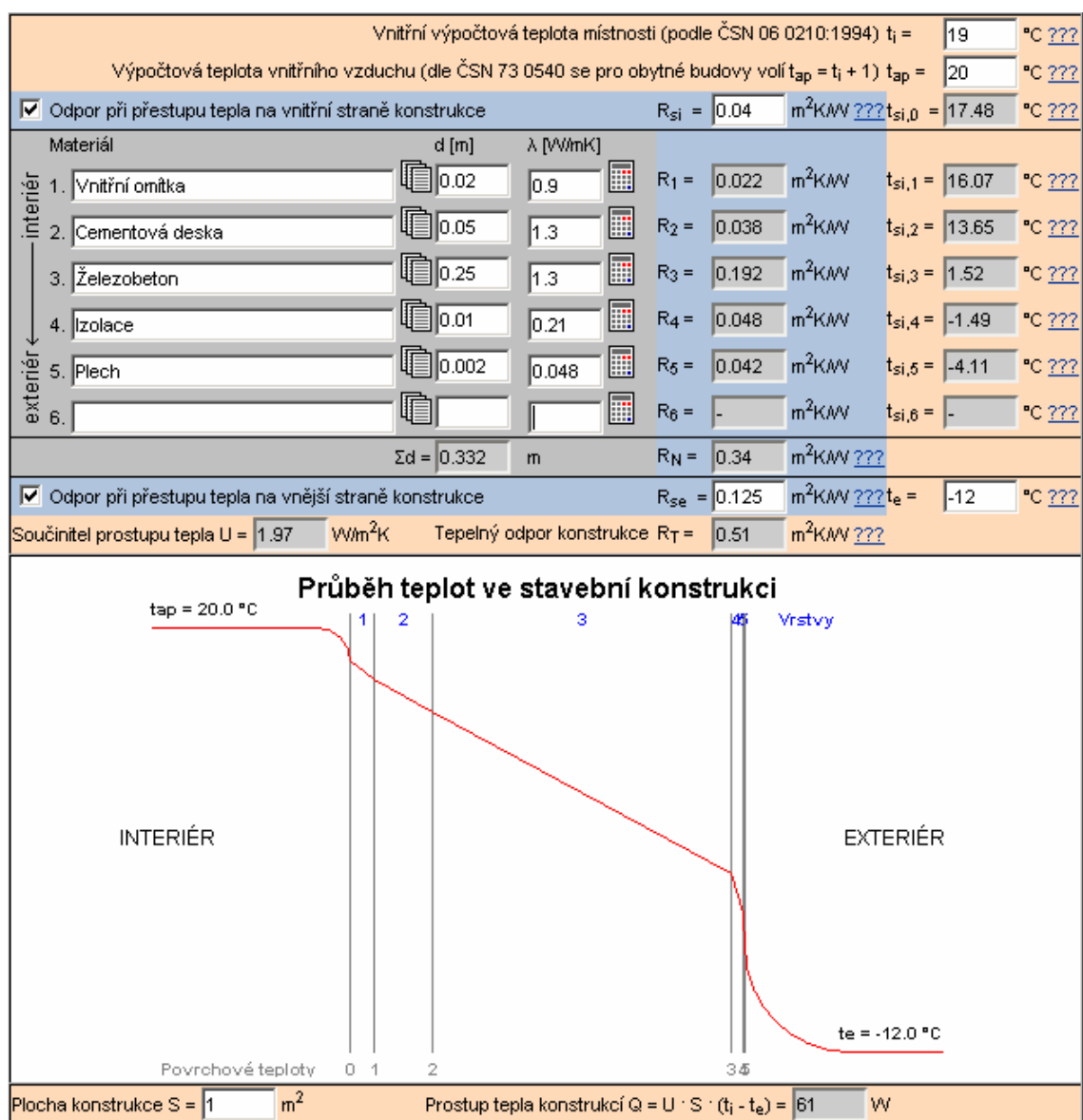
Povrchové teploty 0 1 23

Plocha konstrukce $S =$ <input type="text" value="1"/>	m^2	Prostup tepla konstrukcí $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) =$ <input type="text" value="13"/>	W
--	--------------	--	------------

Obr. č. 2.2 – Prostup tepla podzemní částí zdiva

Na obrázku č. 2.3 je vyobrazen výpočet koeficientu prostupu tepla střechou s výsledkem $1.97 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Na obrázku č. 2.4 je pak zobrazen výpočet koeficientu prostupu tepla betonovou podlahou s výsledkem $2.06 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Jednotlivé hodnoty, které byly potřebné pro výpočet součinitelů prostupu tepla jednotlivých prvků obálky, jsem použil z tabulek, které jsou obsaženy v kapitole 4.1.



Obr. č. 2.3 – Prostup tepla střechou

Dalším krokem byl tedy samotný výpočet tepelných ztrát budovy obálkovou metodou podle ČSN 06 0210. Jelikož byl k danému výpočtu vytvořen program na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, rozhodl jsem se pomocí tohoto programu tepelné ztráty budovy počítat. Zároveň jsem některé informace čerpal z normy ČSN 06 0210. Na obrázku č. 2.5 jsou znázorněny vstupní informace výpočtového programu. Hodnoty k výpočtu tepelných ztrát jsem rovněž použil z tabulek obsažených v kapitole 4.1. Obrázek č. 2.6 obsahuje výpočtovou část programu. Na obrázku č. 2.7 jsou vyobrazeny výsledky výpočtu tepelných ztrát budovy „A“.

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i =$ <input type="text" value="19"/> °C ???									
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$) $t_{ap} =$ <input type="text" value="20"/> °C ???									
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} =$ <input type="text" value="0.166"/> m ² K/W ??? $t_{si,0} =$ <input type="text" value="16.58"/> °C ???									
interiér ↑ ↓ exteriér	Materiál	d [m]	λ [W/mK]						
	1. Podlaha - beton	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="1.3"/>			$R_1 =$ <input type="text" value="0.154"/> m ² K/W	$t_{si,1} =$ <input type="text" value="13.42"/> °C ???		
	2.	<input type="text"/>	<input type="text"/>			$R_2 =$ <input type="text"/>	$t_{si,2} =$ <input type="text"/>		
	3.	<input type="text"/>	<input type="text"/>			$R_3 =$ <input type="text"/>	$t_{si,3} =$ <input type="text"/>		
	4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>			$R_4 =$ <input type="text"/>	$t_{si,4} =$ <input type="text"/>		
	5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>			$R_5 =$ <input type="text"/>	$t_{si,5} =$ <input type="text"/>		
	6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>			$R_6 =$ <input type="text"/>	$t_{si,6} =$ <input type="text"/>		
$\Sigma d =$ <input type="text" value="0.2"/> m				$R_N =$ <input type="text" value="0.15"/> m ² K/W ???					
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} =$ <input type="text" value="0.166"/> m ² K/W ??? $t_e =$ <input type="text" value="10"/> °C ???									
Součinitel prostupu tepla $U =$ <input type="text" value="2.06"/> W/m ² K Tepelný odpor konstrukce $R_T =$ <input type="text" value="0.49"/> m ² K/W ???									
Průběh teplot ve stavební konstrukci 									
Plocha konstrukce $S =$ <input type="text" value="1"/> m ² Prostup tepla konstrukcí $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) =$ <input type="text" value="19"/> W									

Obr. č. 2.4 – Prostup tepla podlahou

Lokalita a vlastnosti budovy			
<input type="text" value="Ostrava"/> (Tabulka)	Poloha budovy	<input type="text" value="Chráněná"/> ???	
Venkovní výpočtová teplota t_e <input type="text" value="-15"/> °C <input type="button" value="Nastavit teplotu u stěn"/>	Druh budovy	<input type="text" value="Řadová"/> ???	
Krajina <input type="text" value="Normální"/>	Charakteristické číslo budovy B	<input type="text" value="3"/> Pa ^{0.67} ???	
	Přirážka p_2 na urychlení zátěhu	<input type="text" value="0"/> ???	
Místnost (u obálkové metody to jsou další vlastnosti budovy)			
Číslo a název místnosti	<input type="text" value="Budova A"/>		
Zvětšení char. čísla budovy ΔB	<input type="text" value="0"/> Pa ^{0.67} ???		
Venkovní výpočtová teplota t_e	<input type="text" value="-15"/> °C ???	<input type="button" value="Nastavit teplotu u stěn"/>	
Vnitřní výpočtová teplota t_i	<input type="text" value="19"/> °C (Tabulka)		
Orientace místnosti	<input type="text" value="SV"/>	=> přirážka $p_3 =$ <input type="text" value="0.05"/> ???	
Počet těsných dveří	<input type="text" value="0"/> ???		
Počet netěsných dveří	<input type="text" value="0"/> ???		
Charakteristické číslo místnosti M	<input type="text" value="1"/> ???		
Tepelný zisk Q_z	<input type="text"/>	W ???	
Rozměry			
Půdorysný rozměr a	<input type="text" value="4.250"/> m	Půdorysný rozměr b	<input type="text" value="4.600"/> m
Půdorysná plocha místnosti P	<input type="text" value="792.0"/> m ² ???		
Konstrukční výška VK	<input type="text" value="18.300"/> m ???	Světlná výška VS	<input type="text" value="8.050"/> m ???
Vypočtená plocha obálkových konstrukcí ΣS_1	<input type="text" value="4104.1"/> m ² ???		
Vytápěný objem V	<input type="text" value="14494"/> m ³	Objem místnosti V_m	<input type="text" value="14296"/> m ³
Sečtená plocha všech obálkových konstrukcí ΣS_2	<input type="text" value="4093.1"/> m ² ???		
Teplota větracího vzduchu t_{wv} <input type="text" value="-15"/> °C ???			
<input checked="" type="radio"/> Intenzita výměny vzduchu n <input type="text" value="0.5"/> h ⁻¹ ??? <input type="radio"/> Objemový průtok <input type="text"/> m ³ /h ???			

Obr. č. 2.5 – Vstupní informace výpočtového programu tepelných ztrát

Parametry obálkové konstrukce (místnosti / budovy)													
		Typ ??? konstr.	Počet	$t_{e,i}$??? [°C]	U ??? [W/m²K]	Plocha konstrukce					Q _o [W]	Infiltrace	
						d ??? [m]	v ??? [m]	S ??? [m²]	S _d ??? [m²]	S _v ??? [m²]		S·S _d ·S _v [m²] ???	i _L (Tabulka) [m³/m.s.Pa ^{0,67}]
1.	vložit smazat	SO ▼	1	-15	1.43	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 2275	<input type="text" value="39.04"/>	<input type="text" value="650.4"/>	<input checkbox"="" type="text" value="1585</td><td>77097.2</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	
2.	vložit smazat	OZ ▼	1	-15	2.8	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 610.74	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="610.7</td><td>58142.4</td><td><input checked="/> 1.4 x 10 ⁻⁴	1744.8	
3.	vložit smazat	OZ ▼	1	-15	1.1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 2.88	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="2.88</td><td>107.7</td><td><input checked="/> 1.2 x 10 ⁻⁴	11.2	
4.	vložit smazat	DO ▼	1	-15	4.5	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 7.36	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="7.36</td><td>1126.1</td><td><input checked="/> 1.9 x 10 ⁻⁴	17.8	
5.	vložit smazat	DO ▼	1	-15	2.6	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 1.6	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="1.6</td><td>141.4</td><td><input checked="/> 1.9 x 10 ⁻⁴	5.6	
6.	vložit smazat	DO ▼	1	-15	2.8	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 27.825	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="27.82</td><td>2648.9</td><td><input checked="/> 1.4 x 10 ⁻⁴	59.1	
7.	vložit smazat	SSD ▼	1	-15	2.7	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 39.04	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checkbox"="" type="text" value="39.04</td><td>3583.9</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	
8.	vložit smazat	SO ▼	1	10	1.45	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 234.09	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="6.62"/>	<input checkbox"="" type="text" value="227.4</td><td>2968.5</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	
9.	vložit smazat	DO ▼	1	10	6.5	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 3.2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input "="" type="checkbox" value="3.2</td><td>187.2</td><td><input checked="/> 1.9 x 10 ⁻⁴	11.2	
10.	vložit smazat	DN ▼	1	10	2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 3.42	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checkbox"="" type="text" value="3.42</td><td>61.6</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	
11.	vložit smazat	PDL ▼	1	10	2.06	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 792.05	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checkbox"="" type="text" value="792.0</td><td>14684.6</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	
12.	vložit smazat	SCH ▼	1	-15	1.97	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 792.05	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checkbox"="" type="text" value="792.0</td><td>53051.5</td><td><input type="/> <input type="text" value=""/> x 10 ⁻⁴	<input type="text" value=""/>	

Obr. č. 2.6 – Výpočtová část programu pro tepelné ztráty

Tepelná ztráta prostupem			Tepelná ztráta větráním / infilrací		
$\sum Q_o$	213801 W	???	Tepelná ztráta infilrací Q_{inf} =	34538 W	???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_e	1.532 W/m²K	???	Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$ =	87765 W	???
Přirážka p_1	0.23	???	Tepelná ztráta větráním Q_v =	87765 W	???
Přirážka p_2	0	???	Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$ =	0.5	???
Přirážka p_3	0.05	???			
Q_p	273630 W	???			
Celková tepelná ztráta místnosti					
Tepelná ztráta místnosti Q_o =	361394 W	???			
Měrná tepelná ztráta místnosti q_o =	24.9 W/m³	???			

Obr. č. 2.7 – Výsledky výpočtu tepelných ztrát budovy „A“

Celková tepelná ztráta budovy při stávajícím stavu budovy „A“ byla vypočtena obálkovou metodou, a sice s výsledkem $Q_o = 361.394 kW$.

Příloha č.3

Tato příloha je věnována vysvětlení výpočtu celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV (viz. kapitola 4.3.) pro stávající stav budovy „A“. Celková roční potřeba tepla na vytápění je počítána pomocí výpočtového programu na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>. Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV vychází z výpočtu pomocí programu na dané webové stránce, ale není pomocí tohoto programu počítána, jelikož během celého roku není v této budově konstantní počet ubytovaných studentů.

Celková roční potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění (viz. kapitola 4.3.1.) je závislá na celkové tepelné ztrátě budovy „A“, která byla pro stávající stav vypočtena $Q_c = 361.394 kW$ (viz. příloha č.2). V objektu jsou otopná tělesa osazena TRV. Prvním krokem výpočtu celkové roční potřeby energie na vytápění je výpočet denostupňů. Podle rovnice (4.14) byly vypočteny denostupně s výsledkem $3435 K \cdot dny$, přičemž délka otopného období pro město Ostrava je $d = 229 dní$, průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 19^\circ C$ a průměrná teplota během otopného období $t_{es} = 4^\circ C$.

Druhým krokem výpočtu bylo stanovení opravného součinitele ε . Podle rovnice (4.13) byl opravný součinitel vypočten s výsledkem 0.765, přičemž součinitel $e_i = 0.85$, součinitel $e_t = 0.90$, součinitel $e_d = 1.00$.

Podle rovnice (4.12) byla vypočtena celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r} = 720 MWh / rok$, což je $2592.1 GJ / rok$, přičemž vytápěcí denostupně a opravný součinitel byly počítány v prvním a druhém kroku, účinnost obsluhy (regulace soustavy) $\eta_0 = 0.98$, účinnost rozvodu vytápění $\eta_r = 0.95$.

Na obrázku č. 3.1 je vyobrazen výpočtový program, podle kterého byla celková měrná potřeba tepla na vytápění počítána.

Lokalita (Tabulka)

tem = 12 °C

tem = 13 °C

tem = 15 °C ???

Město

Ostrava

Délka topného období

d = 229 [dny]

Venkovní výpočtová teplota t_e = -15 °C

Prům. teplota během otopného období t_{es} = 4 °C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu Q_C = 361.394 kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} = 19 °C ???

Vytápěcí denostupně

D = d · (t_{is} - t_{es}) = 3435 K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e_i = 0.85 ???

η_o = 0.98 ???

e_t = 0.90 ???

η_r = 0.95 ???

e_d = 1.00 ???

Opravný součinitel ε ???

ε = e_i · e_t · e_d = 0.765

ε = 0.765

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT,r} = \left(\frac{2592.1 \text{ GJ/rok}}{720 \text{ MWh/rok}} \right) \text{ Náklady}$$

Obr. č. 3.1 – Celková roční potřeba tepla na vytápění pro stávající stav budovy „A“

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV (viz. kapitola 4.3.2.) je počítána pro stávající stav budovy.

Prvním krokem výpočtu je výpočet denní potřeby tepla pro ohřev TUV pro 220 osob podle rovnice (4.16) s výsledkem $Q_{TUV,d220} = 2014.5 kWh$ kde koeficient energetických ztrát systému $z = 2.5$, hustota vody $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4186 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, celková potřeba teplé vody za den $V_{2p} = 11 m^3 / den$.

Druhým krokem výpočtu je výpočet denní potřeby tepla pro ohřev TUV pro 20 osob podle rovnice (4.16) s výsledkem $Q_{TUV,d20} = 183.1 kWh$ kde koeficient energetických ztrát systému $z = 2.5$, hustota vody $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$, měrná tepelná

55

kapacita $c = 4186 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, celková potřeba teplé vody za den $V_{2p} = 1 m^3 / den$.

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV byla vypočtena podle rovnice (4.15) s výsledkem $Q_{TUV,r} = 563.992 MWh / rok$, což je $2030 GJ / rok$, přičemž délka otopného období pro město Ostrava je $d = 229 dní$, počet pracovních dní soustavy v roce je $N = 365 dní$, teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15^\circ C$, teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5^\circ C$, denní potřeba tepla na ohřev TUV pro 220 osob a pro 20 osob byly vypočteny výše. Ve výpočtu jsem uvažoval s 62 dny, kdy je v budově ubytováno pouze 20 osob.

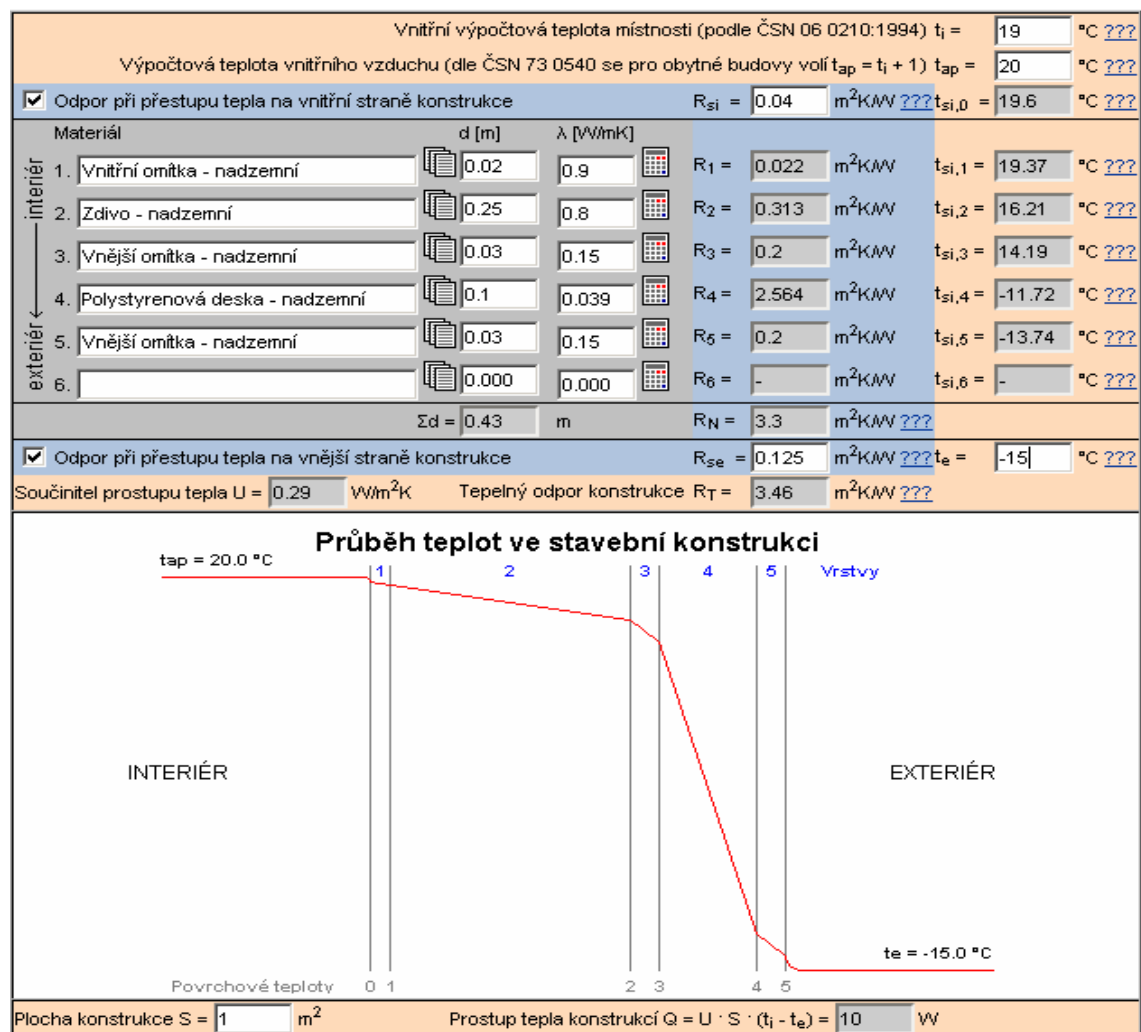
Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV při stávajícím stavu budovy „A“ byla počítána podle rovnice (4.11) s výsledkem $Q_r = 1283.992 MWh / rok$, což je $4622.37 GJ / rok$.

Příloha č.4

Tato příloha je věnována výpočtu tepelných ztrát budovy „A“ (kapitola 4.2.), a sice pro stav, kdy bylo navrženo zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací tloušťky 100mm a výměna všech oken a všech vstupních dveří za plastové. Kompletní výpočet tepelných ztrát budovy „A“ včetně výpočtu součinitelů prostupu tepla obvodového pláště, podlahy a střechy byl realizován programem na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, který byl k danému účelu vytvořen programátory webové stránky podle normy ČSN 06 0210.

Prvním krokem bylo stanovení součinitelů prostupu tepla k_j nebo U (značení ve výpočtovém programu) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] jednotlivých prvků obálky budovy podle rovnice (4.4). Na obrázku č. 4.1 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla nadzemní části zdiva po navržení úsporných opatření s výsledkem $0.29 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.



Obr. č. 4.1 – Prostup tepla nadzemní částí zdiva

Na obrázku č. 4.2 je vyobrazen výpočet součinitele prostupu tepla podzemní části zdiva s výsledkem $1.45 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i =$ <input type="text" value="19"/> °C ???									
Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$) $t_{ap} =$ <input type="text" value="20"/> °C ???									
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce		$R_{si} =$ <input type="text" value="0.166"/> $\text{m}^2\text{K/W}$???		$t_{si,0} =$ <input type="text" value="17.6"/> °C ???					
Materiál	d [m]	λ [W/mK]		R	t_{si}				
1. Vnitřní omítka - podzemní	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="0.022"/>	<input type="text" value="0.022"/> $\text{m}^2\text{K/W}$	<input type="text" value="17.28"/> °C ???				
2. Zdivo - podzemní	<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.313"/>	<input type="text" value="0.313"/> $\text{m}^2\text{K/W}$	<input type="text" value="12.76"/> °C ???				
3. Hydro-izolace	<input type="text" value="0.005"/>	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="0.025"/>	<input type="text" value="0.025"/> $\text{m}^2\text{K/W}$	<input type="text" value="12.4"/> °C ???				
4.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
5.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
6.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
$\Sigma d =$ <input type="text" value="0.275"/> m		$R_N =$ <input type="text" value="0.36"/> $\text{m}^2\text{K/W}$???							
<input checked="" type="checkbox"/> Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce		$R_{se} =$ <input type="text" value="0.166"/> $\text{m}^2\text{K/W}$???		$t_e =$ <input type="text" value="10"/> °C ???					
Součinitel prostupu tepla $U =$ <input type="text" value="1.45"/> $\text{W/m}^2\text{K}$		Tepelný odpor konstrukce $R_T =$ <input type="text" value="0.69"/> $\text{m}^2\text{K/W}$???							

Průběh teplot ve stavební konstrukci

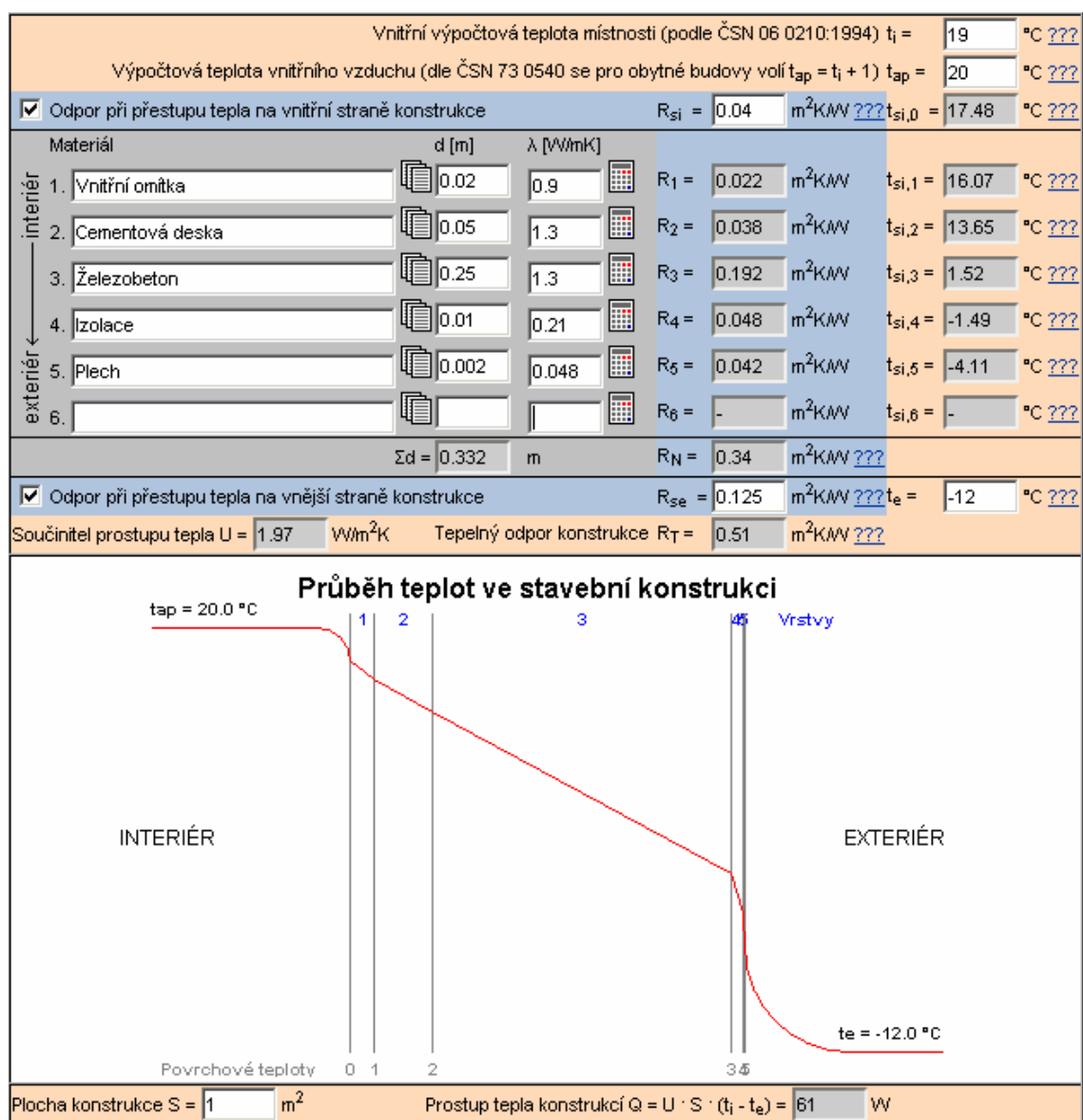
Povrchové teploty 0 1 23

Plocha konstrukce $S =$ <input type="text" value="1"/> m^2	Prostup tepla konstrukcí $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) =$ <input type="text" value="13"/> W
---	--

Obr. č. 4.2 – Prostup tepla podzemní částí zdiva

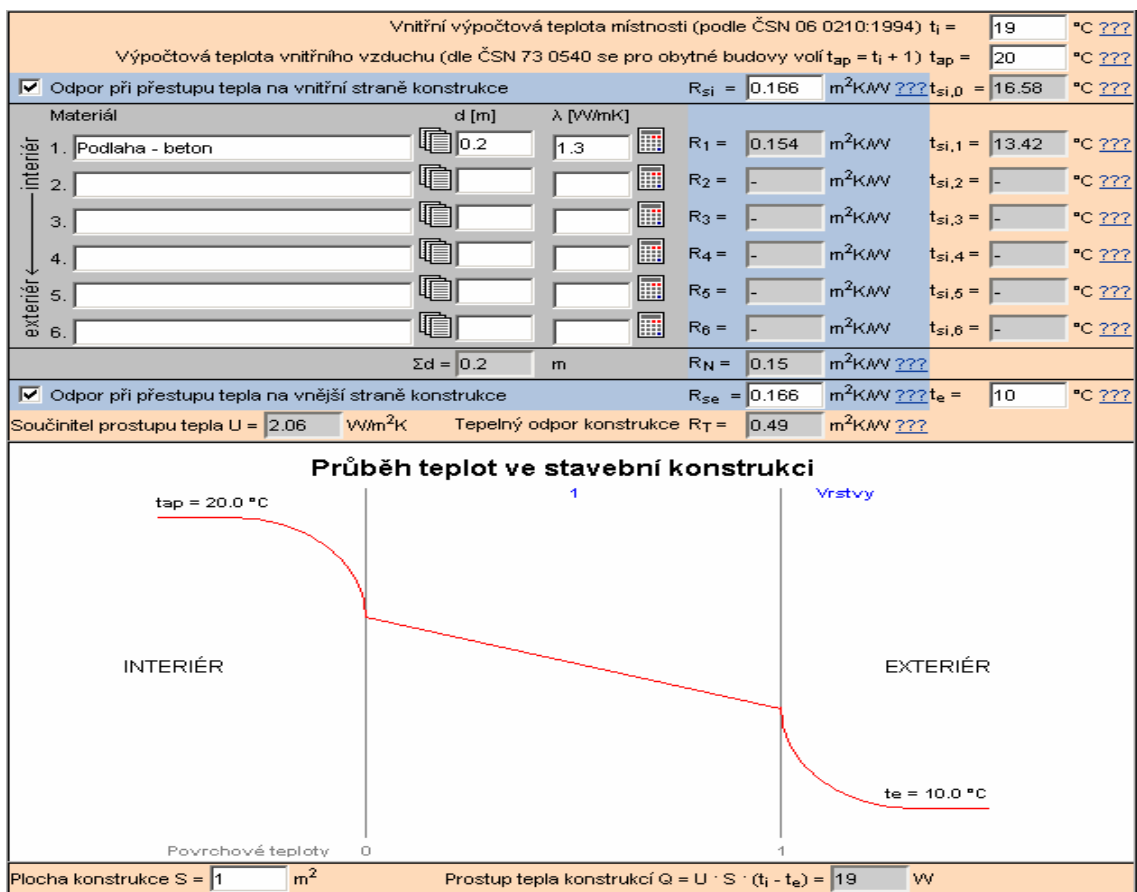
Na obrázku č. 4.3 je vyobrazen výpočet koeficientu prostupu tepla střechou s výsledkem $1.97 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Na obrázku č. 4.4 je pak zobrazen výpočet koeficientu prostupu tepla betonovou podlahou s výsledkem $2.06 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Jednotlivé hodnoty, které byly potřebné pro výpočet součinitelů prostupu tepla jednotlivých prvků obálky, jsem použil z tabulek, které jsou obsaženy v kapitole 4.1.



Obr. č. 4.3 – Prostup tepla střechou

Dalším krokem byl tedy samotný výpočet tepelných ztrát budovy obálkovou metodou podle ČSN 06 0210. Jelikož byl k danému výpočtu vytvořen program na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, rozhodl jsem se pomocí tohoto programu tepelné ztráty budovy počítat. Zároveň jsem některé informace čerpal z normy ČSN 06 0210. Na obrázku č. 4.5 jsou znázorněny vstupní informace výpočtového programu. Hodnoty k výpočtu tepelných ztrát jsem rovněž použil z tabulek obsažených v kapitole 4.1. Obrázek č. 4.6 obsahuje výpočtovou část programu. Na obrázku č. 4.7 jsou vyobrazeny výsledky výpočtu tepelných ztrát budovy „A“.



Obr. č. 4.4 – Prostup tepla podlahou

Lokalita a vlastnosti budovy

Ostrava (Tabulka)

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ °C Nastavit teplotu u stěn

Krajina Normální

Poloha budovy Chráněná ???

Druh budovy Řadová ???

Charakteristické číslo budovy B 3 Pa^{0.67} ???

Přírážka p_2 na urychlení zátupu 0 ???

Místnost (u obálkové metody to jsou další vlastnosti budovy)

Číslo a název místnosti	Budova A	
Zvětšení char. čísla budovy ΔB	0	Pa ^{0.67} ???
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C ???	Nastavit teplotu u stěn
Vnitřní výpočtová teplota t_i	19 °C (Tabulka)	
Orientace místnosti	vnitřní místnost	=> přírážka $p_3 = 0$???
Počet těsných dveří	0	???
Počet netěsných dveří	0	???
Charakteristické číslo místnosti M	1	???
Tepelný zisk Q_z		W ???

Rozměry

Půdorysný rozměr a	4.250 m	Půdorysný rozměr b	4.600 m	Půdorysná plocha místnosti P	792.01 m ² ???
Konstrukční výška VK	8.300 m ???	Světlná výška VS	8.050 m ???	Vypočtená plocha obálkových konstrukcí ΣS_1	4104.1 m ² ???
Vytápěný objem V	14494 m ³	Objem místnosti V_m	14296 m ³	Sečtená plocha všech obálkových konstrukcí ΣS_2	4093.1 m ² ???

Teplota větracího vzduchu $t_{vw} = -15$ °C ???

☒ Intenzita výměny vzduchu n 0.5 h⁻¹ ???

☐ Objemový průtok m³/h ???

Obr. č. 4.5 – Vstupní informace výpočtového programu tepelných ztrát

Parametry obálkové konstrukce (místnosti / budovy)																
		Typ ??? konstr.	Počet	$t_{e,i}$??? [°C]	U ??? [W/m²K]	Plocha konstrukce						Q_o [W]	Infiltrace			
						d ??? [m]	v ??? [m]	S ??? [m²]	S _d ??? [m²]	S _v ??? [m²]	S·S _d ·S _v [m²] ???		i_L (Tabulka) [m³/m.s.Pa ^{0.67}]	L ??? [m]		
1.	vložit smazat	SO	1	-15	0.29			<input checked="" type="checkbox"/>	2275.1		689.4	1585.1	15635.1	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	
2.	vložit smazat	OZ	1	-15	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	39.04			39.04	1460.1	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	
3.	vložit smazat	OZ	1	-15	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	10.74			610.7	22841.7	<input checked="" type="checkbox"/>	1.2 x 10 ⁻⁴	744.8
4.	vložit smazat	OZ	1	-15	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	2.88			2.88	107.7	<input checked="" type="checkbox"/>	1.2 x 10 ⁻⁴	11.2
5.	vložit smazat	DO	1	-15	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	36.78			36.78	1375.8	<input checked="" type="checkbox"/>	1.2 x 10 ⁻⁴	82.5
6.	vložit smazat	SO	1	10	1.45			<input checked="" type="checkbox"/>	34.09		6.62	227.4	2968.5	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	
7.	vložit smazat	DN	1	10	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	3.42			3.42	33.9	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	
8.	vložit smazat	DO	1	10	1.1			<input checked="" type="checkbox"/>	3.2			3.2	31.7	<input checked="" type="checkbox"/>	1.2 x 10 ⁻⁴	11.2
9.	vložit smazat	PDL	1	10	2.06			<input checked="" type="checkbox"/>	792.05			792.0	14684.6	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	
10.	vložit smazat	SCH	1	-15	1.97			<input checked="" type="checkbox"/>	792.05			792.0	53051.5	<input type="checkbox"/>	x 10 ⁻⁴	

Obr. č. 4.6 – Výpočtová část programu pro tepelné ztráty

Tepelná ztráta prostupem		Tepelná ztráta větráním / infiltrací	
$\sum Q_o$	112190 W ???	Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf} =	29432 W ???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_o	0.804 W/m ² K ???	Tepelná ztráta větráním vzduchem $Q_{v,v}$ =	87765 W ???
Přirážka p_1	0.12 ???	Tepelná ztráta větráním Q_v =	87765 W ???
Přirážka p_2	0 ???	Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$ =	0.5 ???
Přirážka p_3	0 ???		
Q_p	125721 W ???		
Celková tepelná ztráta místnosti			
Tepelná ztráta místnosti Q_o =	213486 W ???		
Měrná tepelná ztráta místnosti q_o =	14.7 W/m ³ ???		

Obr. č. 4.7 – Výsledky výpočtu tepelných ztrát budovy „A“

Celková tepelná ztráta budovy při stavu budovy „A“, po navržení zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací a výměny všech oken a všech vstupních dveří, byla vypočtena obálkovou metodou, a sice s výsledkem $Q_o = 213.486 \text{ kW}$.

Příloha č.5

Tato příloha je věnována vysvětlení výpočtu celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV (viz. kapitola 4.3.) pro stav budovy „A“ po navržení zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací a výměny všech oken a všech vstupních dveří za plastové. Celkové roční potřeba tepla na vytápění je počítána pomocí výpočtového programu na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>. Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV zůstává stejná jak pro stávající stav, tak i pro stav po navržení zateplení obvodového zdiva a výměny oken a dveří za plastové.

Celková roční potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění (viz. kapitola 4.3.1.) je závislá na celkové tepelné ztrátě budovy „A“, která byla pro stav po navržení zateplení a výměny oken a dveří vypočtena $Q_c = 213.486 kW$ (viz. příloha č.4). V objektu jsou otopná tělesa osazena TRV.

Prvním krokem výpočtu celkové roční potřeby energie na vytápění je výpočet denostupňů. Podle rovnice (4.14) byly vypočteny denostupně s výsledkem $3435 K \cdot dny$, přičemž délka otopného období pro město Ostrava je $d = 229 dní$, průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 19^\circ C$ a průměrná teplota během otopného období $t_{es} = 4^\circ C$.

Druhým krokem výpočtu je stanovení opravného součinitele ε . Podle rovnice (4.13) byl opravný součinitel vypočten s výsledkem 0.765, přičemž součinitel $e_i = 0.85$, součinitel $e_t = 0.90$, součinitel $e_d = 1.00$.

Podle rovnice (4.12) byla vypočtena celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r} = 425.3 MWh / rok$, což je $1531.2 GJ / rok$, přičemž vytápěcí denostupně a opravný součinitel byly počítány v prvním a druhém kroku, účinnost obsluhy (regulace soustavy) $\eta_0 = 0.98$, účinnost rozvodu vytápění $\eta_r = 0.95$.

Na obrázku č. 5.1 je vyobrazen výpočtový program, podle kterého byla celková měrná potřeba tepla na vytápění počítána.

Lokalita (Tabulka)

tem = 12 °C

tem = 13 °C

tem = 15 °C ???

Město

Ostrava

Venkovní výpočtová teplota t_e =

-15

°C

Délka topného období

d =

229

[dny]

Prům. teplota během otopného období t_{es} =

4

°C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu Q_C =

213.486

kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} =

19

°C

???

Vytápěcí denostupně

D = d · (t_{is} - t_{es}) =

3435

K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

e_i =

0.85

???

η_o =

0.98

???

e_t =

0.90

???

η_r =

0.95

???

e_d =

1.00

???

Opravný součinitel ε

???

ε = e_i · e_t · e_d =

0.765

ε =

0.765

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{VYT,r} = \left(\frac{1531.2 \text{ GJ/rok}}{425.3 \text{ MWh/rok}} \right) \text{ Náklady}$$

Obr. č. 5.1 – Celková roční potřeba tepla na vytápění po navržení zateplení a výměny oken a dveří

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV

Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV (viz. kapitola 4.3.2.) zůstala stejná i po navržení zateplení obvodového zdiva a výměny oken a dveří za plastové. Výpočet celkové roční potřeby tepla na ohřev TUV s konkrétními hodnotami je obsažen v příloze č.2.

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV při stavu budovy „A“ po navržení zateplení obvodového zdiva a výměny všech oken a vstupních dveří za plastové byla počítána podle rovnice (4.11) s výsledkem $Q_r = 989.292 \text{ MWh/rok}$, což je 3561 GJ/rok .

63

Příloha č.6

Tato příloha je věnována výpočtu solárních kolektorů (viz. kapitola 5.1.1.). K výpočtu mi posloužil upravený výpočtový program vytvořený v programu Microsoft Excel 2003, který jsem vytvořil v rámci volitelného předmětu Alternativní a obnovitelné zdroje energie včetně výpočtových vzorců.

Prvním krokem tohoto výpočtu bylo stanovení denní spotřeby tepla na ohřev TUV podle rovnice (5.2) s výsledkem $Q_{spot_den} = 571.192J$, přičemž hmotnost vody při $32.5^{\circ}C$ $m = 10945kg$, měrná tepelná kapacita vody při $32.5^{\circ}C$ byla $c = 4175J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, rozdíl teplot $t_2 - t_1 = 45^{\circ}C$.

Na základě výpočtu denní spotřeby tepla na ohřev TUV byla stanovena měsíční potřeba tepla na ohřev TUV podle rovnice (5.1) pro měsíc květen s výsledkem $Q_{spot_mes} = 17706.958kWh$, přičemž počet dní měsíce května $n = 31dní$.

Dalším krokem je výpočet skutečného denního množství slunečního záření podle rovnice (5.4) s výsledkem $Q_{S_den_skut} = 4.427kWh \cdot m^{-2}$, přičemž teoretické denní množství slunečního záření $Q_{S_den_teor} = 9.42kWh \cdot m^{-2}$, měrná doba slunečního svitu pro měsíc květen je $\frac{\tau_{skut}}{\tau_{rel}} = 0.47$.

Skutečné měsíční množství slunečního záření, které vychází ze skutečného denního množství slunečního záření, bylo vypočteno podle rovnice (5.3) s výsledkem $Q_{S_mes_skut} = 137.237kWh \cdot m^{-2}$, přičemž počet dní měsíce května je $n = 31dní$.

Intenzita slunečního svitu pro měsíc květen byla počítána podle rovnice (5.6) s výsledkem $I = 0.6kW \cdot m^{-2}$, přičemž teoretické denní množství slunečního záření $Q_{S_den_teor} = 9.42kWh \cdot m^{-2}$ a teoretická doba slunečního svitu v měsíci květnu je $\tau_{teor} = 15.70h$.

Teplota kolektoru byla vypočtena podle rovnice (5.8) s výsledkem $t_k = 32.5^{\circ}C$, přičemž $t_2 + t_1 = 65^{\circ}C$.

Parametr A pro měsíc květen byl vypočten podle rovnice (5.7) s výsledkem $A = 0.032$, přičemž střední teplota slunečního svitu pro měsíc květen $t_v = 13.58^\circ C$ a teplota kolektoru byla vypočtena výše.

Přímá účinnost solárního kolektoru pro měsíc květen byla vypočtena podle rovnice (5.5) s výsledkem $\eta = 65.6\%$, přičemž $\eta_0 = 0.77$, součinitel prostupu tepla $a_1 = 3.6 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, součinitel prostupu tepla $a_2 = 0.081 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, parametr A a intenzita slunečního svitu byly vypočteny výše.

Měrný tepelný zisk solárního kolektoru v měsíci květnu byl vypočten podle rovnice (5.9) s výsledkem $Q_{mer_mes} = 90.095 kWh \cdot m^{-2}$, přičemž skutečné měsíční množství slunečního záření je $Q_{S_mes_skut} = 137.237 kWh \cdot m^{-2}$ a účinnost kolektoru byla vypočtena výše.

Počet kolektorů byl stanoven pro návrhový měsíc květen podle rovnice (5.10) s výsledkem $p = 98$, přičemž měsíční potřeba tepla na ohřev TUV pro květen je $Q_{spot_mes} = 17706.958 kWh$ a měrný tepelný zisk byl vypočten v předchozím kroku, plocha 1 kolektoru $S = 2.02 m^2$.

Teplo získané z celkové plochy kolektorů za měsíc květen bylo počítáno podle rovnice (5.12) s výsledkem $Q_{zisk} = 17835.193 kWh$, přičemž skutečné měsíční množství slunečního záření je $Q_{S_mes_skut} = 137.237 kWh \cdot m^{-2}$, počet kolektorů $p = 98$, plocha jednoho kolektoru je $S = 2.02 m^2$ a účinnost kolektoru v měsíci květnu je $\eta = 0.656$.

Energetická bilance pro měsíc květen byla stanovena podle rovnice (5.11), s výsledkem $+/- = 128.236 kWh$, přičemž teplo získané z celkové plochy kolektorů bylo vypočteno v předchozím kroku, měsíční potřeba tepla na ohřev TUV pro květen je $Q_{spot_mes} = 17706.958 kWh$.

Maximální celoroční zisk, uvažovaný včetně přebytků, byl počítán podle rovnice (5.13) s výsledkem $Q_{zisk_celk_max} = 122693.08 kWh$, přičemž součet tepel získaných z celkové plochy kolektorů za všechny měsíce včetně přebytků byl dán součtem tepel získaných z celkové plochy kolektorů za jednotlivé měsíce s uvažovanými přebytky.

Skutečný celoroční zisk, uvažovaný bez přebytků, byl počítán podle rovnice (5.14) s výsledkem $Q_{zisk_celk_max} = 84890.96 kWh$, přičemž součet tepel získaných z celkové plochy kolektorů za všechny měsíce bez přebytků byl dán součtem tepel získaných z celkové plochy kolektorů za jednotlivé měsíce bez uvažovaných přebytků.

Maximální měrný celoroční zisk na $1m^2$ solárního systému byl počítán podle rovnice (5.15) s výsledkem $Q_{zisk_celk_max_mer} = 619.79 kWh.m^{-2}$, přičemž maximální celoroční zisk byl vypočten výše, počet kolektorů $p = 98$, plocha jednoho kolektoru je $S = 2.02m^2$.

Skutečný měrný celoroční zisk na $1m^2$ solárního systému byl počítán podle rovnice (5.16) s výsledkem $Q_{zisk_celk_skut_mer} = 428.83 kWh.m^{-2}$, přičemž maximální celoroční zisk byl vypočten výše, počet kolektorů $p = 98$, plocha jednoho kolektoru je $S = 2.02m^2$.

Na obrázku č. 6.1 je zobrazeno zadání výpočtového programu pro solární kolektory, který jsem vytvořil v programu Microsoft Excel 2003.

	Během akademického roku	Během letního období
Počet osob	220	20
Sklon střechy	45°	
t_1	10 °C	
t_2	55 °C	
Denní spotřeba TUV denní	50 l/osoba	
Celková spotřeba TUV denní	11000 l	1000
Měrná tepelná kapacita vody	4175 J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	
Hustota vody 32,5°C	995 kg.m ⁻³	
Hmotnost vody	10945 kg	995
Kolektor Sun Wing T2 - T.W.I.	$\eta = \eta_0 - 3,6A - 0,08I \cdot A^2$	$\eta = 0,77 - 3,6A - 0,08I \cdot A^2$
η_0	0,77	
t_k	32,5 °C	
Měsíc s rovn. tepl. bilancí	květen	
Plocha kolektoru	2,02 m ²	

Obr. č. 6.1 – Zadané hodnoty výpočtového programu

Na obrázku č. 6.2 je zobrazen kompletní výpočtový program pro solární kolektory, který jsem vytvořil v programu Microsoft Excel 2003 v rámci předmětu Alternativní a obnovitelné zdroje energie, upravil jej a následně použil pro tuto práci. Na obrázku č. 6.3 je pak vyobrazena energetická bilance solárního systému.

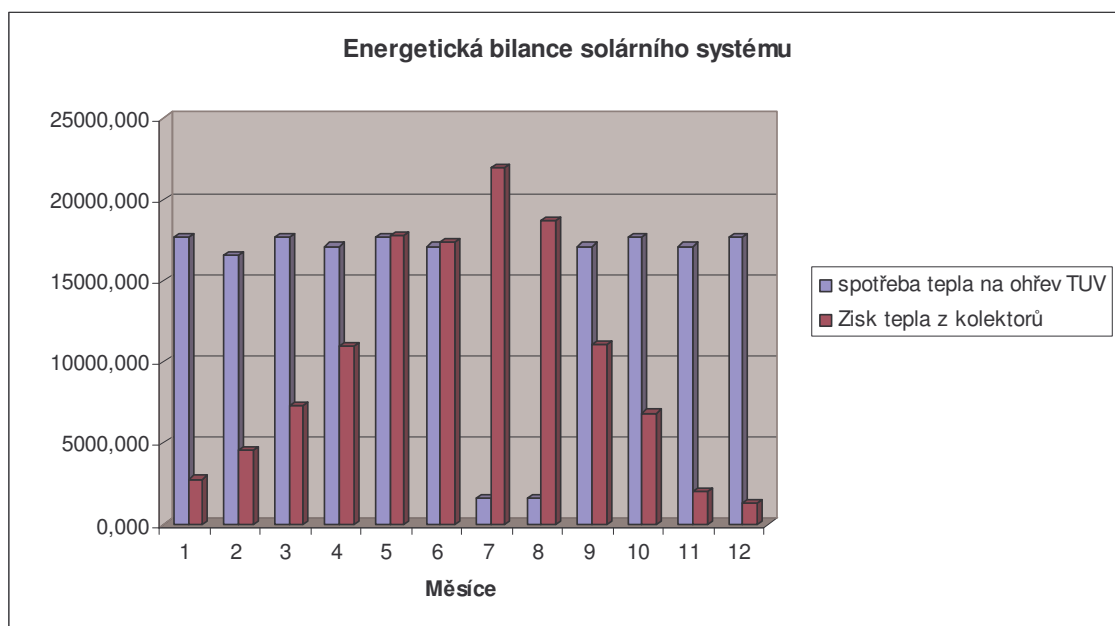
Měsíc	n	$\tau_{\text{inut}}/\tau_{\text{sol}}$	t_v	τ_{ber}	$Q_{\text{den ber}}$	$Q_{\text{potr ber}}$	$Q_{\text{den hut}}$	I	A	η	$Q_{\text{mer ber}}$	Q_{zih}	+/-
			°C	h	kW.h.m ⁻²	kW.h	kW.h.m ⁻²	kW.m ⁻²	-	-	kW.h.m ⁻²	kW.h	kW.h
1	31	0,27	0,780	8,26	3,40	17706,958	0,918	0,412	0,077	0,492	14,012	2773,874	-14933,084
2	29	0,30	0,140	10,12	4,96	16564,573	1,488	0,490	0,066	0,532	22,963	4545,734	-12018,840
3	31	0,30	4,960	12,00	6,70	17706,958	2,010	0,558	0,049	0,592	36,907	7306,200	-10400,757
4	30	0,37	8,440	13,90	8,06	17135,766	2,982	0,580	0,041	0,621	55,518	10990,282	-6145,483
5	31	0,47	13,580	15,70	9,42	17706,958	4,427	0,600	0,032	0,656	90,095	17835,193	128,236
6	30	0,45	16,820	16,34	9,64	17135,766	4,338	0,590	0,027	0,674	87,752	17371,306	235,540
7	31	0,55	19,360	15,70	9,42	1609,723	5,181	0,600	0,022	0,691	111,004	21974,392	20364,668
8	31	0,55	19,100	13,90	8,06	1609,723	4,433	0,580	0,023	0,687	94,380	18683,399	17073,675
9	30	0,43	13,660	12,00	6,70	17135,766	2,881	0,558	0,034	0,648	56,048	11095,173	-6040,593
10	31	0,38	8,200	10,12	4,96	17706,958	1,885	0,490	0,050	0,591	34,556	6840,654	-10866,304
11	30	0,19	3,680	8,26	3,40	17135,766	0,646	0,412	0,070	0,518	10,035	1986,453	-15149,312
12	31	0,18	0,294	7,85	2,70	17706,958	0,486	0,344	0,094	0,433	6,519	1290,421	-16416,537
Celkem 176861,872													122693,082

Počet kolektorů	98
-----------------	----

Maximální celoroční zisk	122693,0817 kW.h
Skutečný celoroční zisk	84890,962 kW.h
Maximální zisk z 1m ²	619,7872382 kW.h.m ⁻²
Skutečný zisk z 1m ²	428,8288641 kW.h.m ⁻²

Solární frakce	Dotápěná energie z CZT
vypočtená	0,693722623
optimální	0,5

Obr. č. 6.2 – Výpočtový program pro solární kolektory



Obr. č. 6.3 – Energetická bilance solárního systému

Příloha č.7

V této příloze se věnuji výpočtu návratnosti zateplení obvodového zdiva polystyrénovou izolací a výměny všech oken a všech vstupních dveří za plastové. Dále se zde věnuji výpočtu návratnosti instalace solárních kolektorů. Nakonec se věnuji stanovení celkové návratnosti výše navržených úsporných opatření.

VÝPOČET NÁVRATNOSTI PO PROVEDENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ					
č.	Energeticky úsporné opatření	Investice	Úspora	Životnost opatření	Úspora
		Kč	GJ/rok	rok	Kč/rok
1	Výměna oken a dveří za plastové a zateplení obvodového zdiva budovy	4697204	1068,8	30	435820
2	Instalace solárních kolektorů	2579400	1205	15	491671
Celkem Kč		7276604	2273,8		927491

Obr. č. 7.1 – Zadání výpočtového programu pro grafické stanovení prosté návratností

		rok	Výměna oken a dveří za plastové a zateplení obvodového zdiva	Instalace solárních kolektorů	Celkem
			obnova co 30 let	obnova co 15 let	
1	1	1	-4261384	-2087729	-6349110
1	1	2	-3825564	-1596058	-5421618
1	1	3	-3389744	-1104387	-4494126
1	1	4	-2953924	-612716	-3566634
1	1	5	-2518104	-121045	-2639142
1	1	6	-2082284	370626	-1711650
1	1	7	-1646464	862297	-784158
1	1	8	-1210644	1353968	143334
1	1	9	-774824	1845639	1070826
1	1	10	-339004	2337310	1998318
1	1	11	96816	2828981	2925810
1	1	12	532636	3320652	3853302
1	1	13	968456	3812323	4780794
1	1	14	1404276	4303994	5708286
1	1	15	1840096	4795665	6635778
1	2	16	2275916	2707936	4983871
1	2	17	2711736	3199607	5911363
1	2	18	3147556	3691278	6838855
1	2	19	3583376	4182949	7766347
1	2	20	4019196	4674620	8693839
1	2	21	4455016	5166291	9621331
1	2	22	4890836	5657962	10548823
1	2	23	5326656	6149633	11476315
1	2	24	5762476	6641304	12403807
1	2	25	6198296	7132975	13331299
1	2	26	6634116	7624646	14258791
1	2	27	7069936	8116317	15186283
1	2	28	7505756	8607988	16113775
1	2	29	7941576	9099659	17041267
1	2	30	8377396	9591330	17968759

Obr. č. 7.2 – Mezivýpočty grafického stanovení prosté návratností

Prosté návratnosti DN [roky] jednotlivých navržených opatření a celkovou prostou návratnost všech navržených opatření jsem počítal podle rovnice 7.1 a také stanovil graficky pomocí programu, který jsem si k danému účelu vytvořil v programu Microsoft Excel 2003. Na obrázku č. 7.1 je vyobrazeno zadání pro výpočtový program. Obrázek č. 7.2 je věnován tabulce s mezivýpočty pro grafické stanovení prosté návratnosti. Reálná doba návratnosti Tsd [roky] jednotlivých navržených úsporných opatření i celková reálná doba návratnosti všech navržených úsporných opatření byla počítána podle rovnice 7.2. Čistá současná hodnota jednotlivých navržených opatření NPV [Kč] a celková čistá současná hodnota všech navržených opatření byla počítána podle rovnice 7.3. Vnitřní výnosové procento jednotlivých navržených opatření IRR [%] a celkové vnitřní výnosové procento všech navržených opatření bylo počítáno podle rovnice 7.4. Předpokládaný diskont $r = 2\%$.

$$DN = \frac{I_0}{CF_t} \quad [roky] \quad (7.1)$$

$$\sum_{t=1}^{Tsd} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \stackrel{!}{=} 0 \quad [roky] \quad (7.2)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tsd} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad [Kč] \quad (7.3)$$

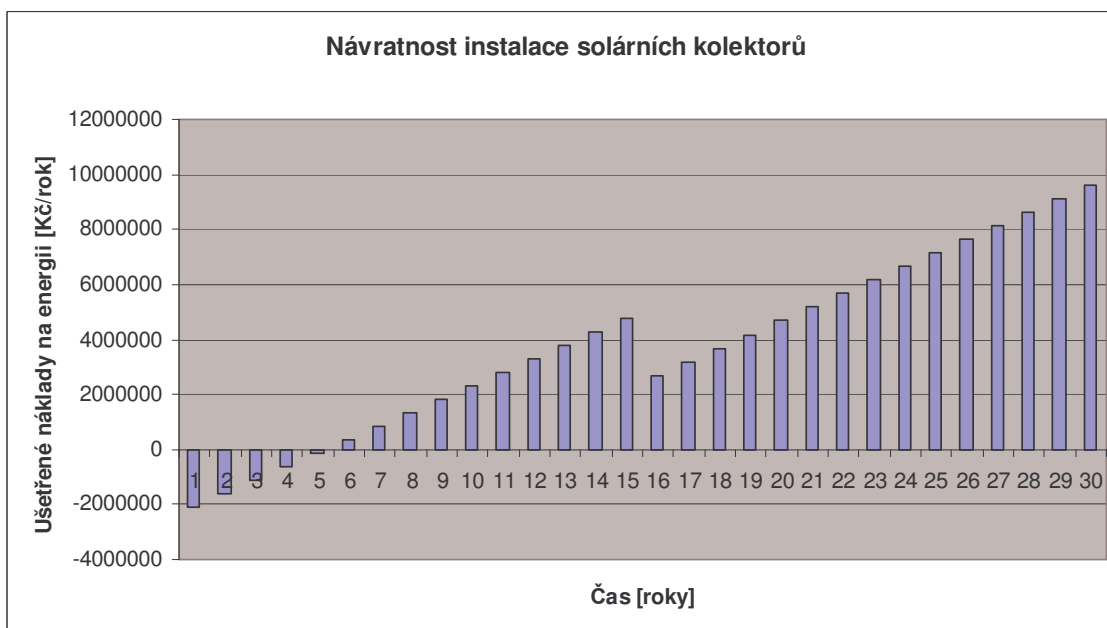
$$I_0 - \sum_{t=1}^{Tsd} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \stackrel{!}{=} 0 \quad [\%] \quad (7.4)$$

V případě navrženého zateplení obvodového zdiva polystyrenovou izolací byly investiční náklady stanoveny na 4 697 204 Kč. Jestliže dané úsporné opatření ušetří ročně 435 820 Kč, tak při pokrytí investice z vlastních zdrojů by byla prostá návratnost (viz. rovnice 7.1) daného úsporného opatření 11 let (Obr. č. 7.3), reálná doba návratnosti 13 let, čistá současná hodnota 5 905 030 Kč. Vnitřní výnosové procento by bylo 9.2%. Uvažuji 30 let životnost toho opatření, při uvažovaném 30ti letém provozu budovy.



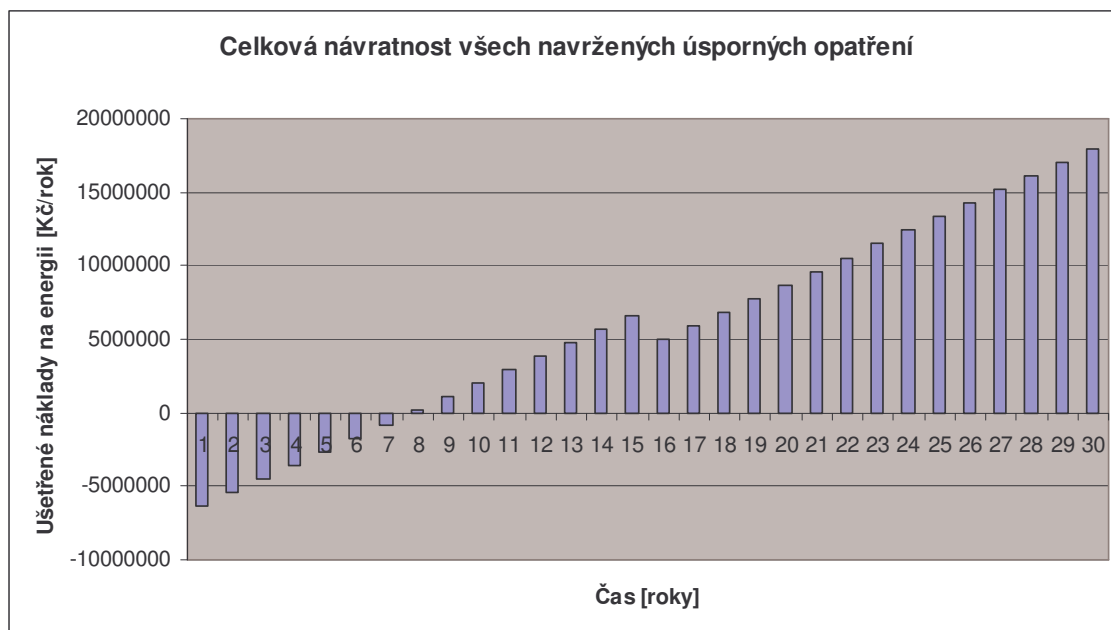
Obr. č. 7.3 – Prostá návratnost zateplení zdiva a výměny oken a dveří

V případě navržené instalace solárních kolektorů byly investiční náklady stanoveny na 2 579 400Kč. Jestliže dané úsporné opatření ušetří ročně 491 671Kč, tak při pokrytí investice z vlastních zdrojů bude prostá návratnost (rovnice 7.1) daného úsporného opatření 6 let (Obr. č. 7.4). Reálná doba návratnosti by byla 7 let, čistá současná hodnota 3 187 610Kč. Vnitřní výnosové procento by bylo 17.4%. Uvažuji 15 let životnost toho opatření. Při uvažovaném provozu budovy po dobu 30 let, by po 15 letech byla nutná reinstalace systému.



Obr. č. 7.4 – Prostá návratnost instalace solárního systému

Celková prostá návratnost všech navržených úsporných opatření (rovnice 7.1) při pokrytí investic z vlastních zdrojů byla stanovena na 8 let (Obr. č. 7.5). Reálná doba návratnosti by byla 9 let, čistá současná hodnota 9 792 150Kč. Vnitřní výnosové procento by bylo 12.96%. Při uvažovaném 30ti letém provozu budovy by bylo ušetřeno ročně 927 491Kč, přičemž celkové investiční náklady byly stanoveny na 7 276 604Kč.



Obr. č. 7.5 – Celková prostá návratnost všech navržených úsporných opatření